VŨ THANH KHIẾT - VŨ QUANG
PHAN TUẤN KHANH - TÔ GIANG

ÔN LÍ THUYẾT

THI ĐẠI HỌC

VẬT LÍ

TẬP MỘT

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

VŨ THANH KHIẾT - VŨ QUANG
PHAN TUẤN KHANH - TÔ GIANG

ÔN LÍ THUYẾT
THI ĐẠI HỌC
VẬT LÍ

TẬP MỘT

(Tái bản có sửa chữa và bổ sung)

- ○ Dao động cơ học
- ○ Sóng cơ học
- ○ Dao động điện. Dòng điện xoay chiều
- ○ Dao động điện từ. Sóng điện từ

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

LỜI GIỚI THIỆU

Kinh nghiệm của các kì thi tuyển sinh vào các trường Đại học, Cao đẳng và THCN trong những năm vừa qua cho thấy rằng, đối với môn Vật lí, thí sinh nào nắm vững nội dung các câu hỏi lí thuyết sẽ có điều kiện đạt được điểm cao trong kì thi.

Để giúp cho thí sinh dễ thuộc và nhớ lâu các kiến thức lí thuyết trong SGK, chúng tôi biên soạn cuốn sách này. Trong cuốn sách chúng tôi trình bày các kiến thức chủ yếu của SGK Vật lí 12, sắp xếp thành các đề tài lớn (hầu như tương ứng với các chương của SGK), mỗi đề tài lớn này bao gồm một số bài, bám sát chương trình thi vào đại học và cao đẳng (phần lí thuyết); mỗi bài là một vấn đề trọn vẹn, bao gồm nhiều đơn vị kiến thức nhỏ mà ở lớp học, HS đã được học rải rác ở nhiều thời gian khác nhau, nhằm giúp HS nhìn bao quát toàn bộ vấn đề. Để giúp HS dễ dàng nắm chắc được kiến thức, mỗi bài lại được chia thành một số phần nhỏ, mỗi phần nhỏ này thường tương ứng với một đơn vị kiến thức của một câu hỏi lí thuyết trong đề thi nhằm giúp cho HS có thể hình dung được rằng, sau khi đã nắm chắc (và học thuộc) phần đó HS dễ dàng trả lời được đầy đủ câu hỏi của đề thi. Thực ra việc chia cắt được một vấn đề trong chương trình thi thành một số đơn vị kiến thức tương đương là rất khó và chúng tôi chỉ cố gắng thực hiện được một cách tối ưu.

Nếu HS đã nắm vững được các bài trình bày trong cuốn sách này thì việc xử lí tình huống các câu hỏi trong các đề thi không phải là khó lắm.

Chúng tôi hi vọng rằng, với cách trình bày ngắn, gọn và trọn vẹn từng vấn đề, cuốn sách này sẽ giúp cho thí sinh giảm được nhiều công sức ôn tập và củng cố phần lí thuyết của các đề thi, để làm bài tốt hơn. Chúng tôi cũng hi vọng rằng ngay cả với những HS không có nguyện vọng tiếp tục vào học tập ở trường Đại học, cuốn sách này cũng giúp họ hiểu sâu hơn, và nhớ lâu hơn các hiện tượng, khái niệm, định luật cơ bản... của Vật lí trong phạm vi chương trình lớp 12.

Chúc các bạn thành công.

Các tác giả

DAO ĐỘNG CƠ HỌC

Bài 1

DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA

I - ĐỊNH NGHĨA VÀ PHƯƠNG TRÌNH CỦA DAO ĐỘNG CƠ ĐIỀU HÒA

1. Định nghĩa

Dao động điều hòa là một dao động được mô tả bằng một định luật dạng sin (hoặc cosin) đối với thời gian.

2. Phương trình

Một trong ba công thức sau đây là phương trình của dao động điều hòa :

$$x = A\sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$$

$$x = A\sin(2\pi ft + \varphi)$$

$$x = A\sin(\omega t + \varphi)$$

3. Định nghĩa (hay ý nghĩa) của các đại lượng trong phương trình

– x gọi là *li độ của dao động*. Nó là độ lệch của vật khỏi vị trí cân bằng.

– A gọi là *biên độ của dao động*. Nó là giá trị cực đại của li độ.

– φ gọi là *pha ban đầu của dao động*. Nó không phải là góc thật mà là đại lượng trung gian cho phép xác định trạng thái dao động ban đầu của vật (tức là vị trí và vận tốc ban đầu của vật).

– $\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$ gọi là *pha của dao động*. Nó không phải là góc thật mà là đại lượng trung gian cho phép xác định trạng thái dao động của vật tại thời điểm t.

– T gọi là *chu kì của dao động*. Nó là khoảng thời gian ngắn nhất sau đó trạng thái dao động lặp lại như cũ, hay là khoảng thời gian để vật thực hiện được một lần dao động.

– f gọi là *tần số của dao động*. Nó là đại lượng nghịch đảo của chu kì, là số lần dao động mà vật thực hiện được trong một đơn vị thời gian.

– ω gọi là *tần số góc của dao động*. Nó là lượng trung gian cho phép xác định tần số và chu kì của dao động theo công thức

$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$

ω còn là vận tốc góc ; φ ; $\omega t + \varphi$ là góc của chuyển động tròn đều tương ứng với dao động điều hòa (xem mục II – Tr.7)

4. Lập công thức vận tốc và gia tốc của một vật dao động điều hòa

Giả sử phương trình của dao động điều hòa có dạng $x = A\sin(\omega t + \varphi)$

Vận tốc tức thời theo định nghĩa là đạo hàm của tọa độ đối với thời gian :

$$v = x' = \omega A\cos(\omega t + \varphi)$$

Còn gia tốc tức thời theo định nghĩa là đạo hàm của vận tốc tức thời với thời gian :

$$a = v' = -\omega^2 A\sin(\omega t + \varphi)$$

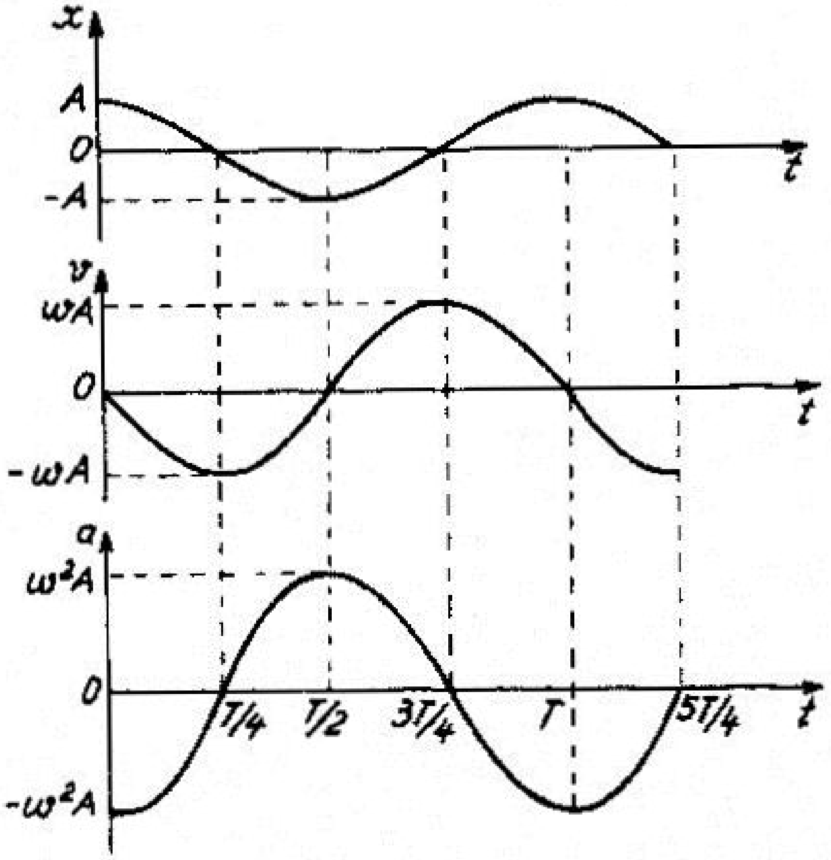
Ta nhận thấy vận tốc và gia tốc của vật dao động điều hòa cũng biến thiên theo thời gian theo định luật dạng sin (hay cosin)

Nếu phương trình dao động điều hòa có dạng $x = A\cos(\omega t + \varphi)$ thì $v = x' = -\omega A\sin(\omega t + \varphi)$

$a = v' = -\omega^2 A\cos(\omega t + \varphi)$

5. Đồ thị

Hình 1.1 là những đồ thị biểu diễn sự biến thiên của li độ, vận tốc và gia tốc của một vật dao động điều hòa có pha ban đầu là $\frac{\pi}{2}$ rad.

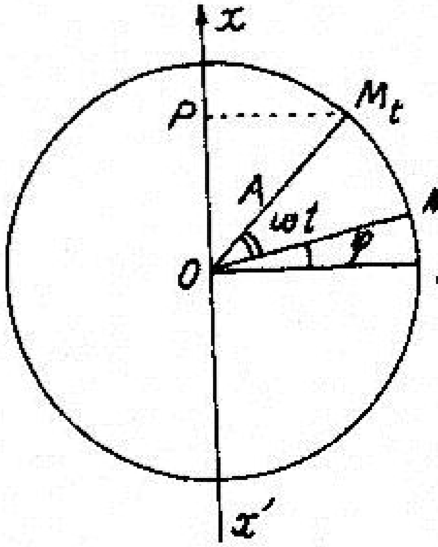


Hình 1.1

II – MỐI LIÊN HỆ GIỮA DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA VÀ CHUYỂN ĐỘNG TRÒN ĐỀU

Xét một điểm M chuyển động đều trên một đường tròn tâm O, bán kính A, với vận tốc góc ω (rad/s) (H. 1.2)

Chọn C làm điểm gốc trên đường tròn. Tại thời điểm ban đầu $t = 0$ vị trí của điểm chuyển động là M_o, xác định bởi góc φ. Tại một thời điểm bất kì, vị trí của điểm chuyển động là M_t, xác định bởi góc $(\omega t + \varphi)$



Hình 1.2

Bây giờ ta chiếu điểm M xuống trục x'x. Hình chiếu của nó là điểm P, có tọa độ $x = \overline{OP}$. Ta có :

$$x = \overline{OP} = OM_t \sin(\omega t + \varphi)$$

hay $x = A\sin(\omega t + \varphi)$

Từ phương trình trên ta thấy chuyển động của điểm P trên trục x'x là một dao động điều hòa.

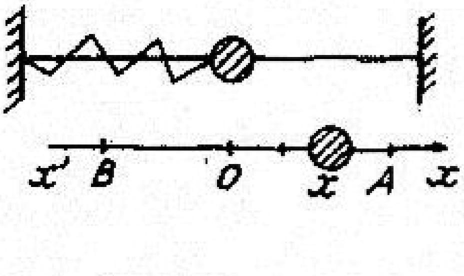
Vậy ta có thể kết luận rằng, *một dao động điều hòa có thể coi như là hình chiếu của một chuyển động tròn đều xuống một trục nằm trong mặt phẳng của quỹ đạo.*

Bài 2

KHẢO SÁT CHUYỂN ĐỘNG CỦA CON LẮC LÒ XO

I – LẬP PHƯƠNG TRÌNH CHUYỂN ĐỘNG

Xét một con lắc lò xo gồm một hòn bi khối lượng m, gắn vào một lò xo khối lượng không đáng kể. Trong hòn bi có một rãnh cho phép nó chuyển động không ma sát dọc theo một thanh nằm ngang cố định trùng với trục lò xo (H. 2.1).



Hình 2.1

Chọn trục tọa độ x'x trùng với thanh ngang và chọn gốc tọa độ tại vị trí cân bằng.

Kéo hòn bi ra khỏi vị trí cân bằng đến tọa độ x = A rồi buông tay ra, ta thấy nó dao động xung quanh vị trí cân bằng với biên độ bằng A. Tại một vị trí bất kì, hòn bi chịu ba lực tác dụng : trọng lực $\vec{P}$, phản lực $\vec{Q}$ của thanh và lực đàn hồi $\vec{F}$ của lò xo. Vì $\vec{P}$ và $\vec{Q}$ cân bằng nhau, nên chỉ còn lực $\vec{F}$ làm cho hòn bi dao động.

Theo định luật Huc thì $F = -kx$, trong đó k là độ cứng của lò xo, còn dấu trừ chỉ rằng lực $\vec{F}$ luôn luôn hướng về vị trí cân bằng (nên hình chiếu F của lực $\vec{F}$ lên trục x'x luôn luôn ngược dấu với x).

Áp dụng định luật Niutơn II, ta có :

$$a = \frac{F}{m} = -\frac{k}{m}x$$

Đặt $\omega^2 = \frac{k}{m}$, ta viết

$$x'' = -\omega^2 x$$

Phương trình này có nghiệm là $x = A\sin(\omega t + \varphi)$. Đây là phương trình chuyển động của con lắc lò xo.

Vậy, *chuyển động của con lắc lò xo là một dao động điều hòa với tần số góc* $\omega = \sqrt{k/m}$.

II - KHẢO SÁT NĂNG LƯỢNG CỦA CON LẮC

1. Khảo sát định tính

Khi kéo hòn bi từ vị trí O đến vị trí biên A, lực kéo đã thực hiện một công và truyền cho lò xo một năng lượng ban đầu dưới dạng thế năng đàn hồi.

Khi lực kéo mất đi, lực đàn hồi F kéo hòn bi chuyển động nhanh dần về vị trí cân bằng O. Động năng của hòn bi tăng dần, thế năng của lò xo giảm dần.

Khi hòn bi về tới O thì lực F = 0, thế năng của lò xo bằng không. Khi ấy, vận tốc của hòn bi cực đại và động năng của nó cực đại.

Hòn bi tiếp tục chuyển động theo quán tính làm lò xo bị nén lại, lực $\vec{F}$ xuất hiện theo chiều ngược lại làm vận tốc của hòn bi giảm dần. Động năng của nó giảm dần, thế năng của lò xo tăng dần.

Khi hòn bi tới vị trí biên B thì nó dừng lại và lò xo bị nén tới mức tối đa. Động năng của hòn bi bằng không, thế năng của lò xo cực đại.

Sau đó lực $\vec{F}$ của lò xo đẩy hòn bi chuyển động về O. Động năng của hòn bi lại tăng dần, thế năng của lò xo lại giảm dần.

Như vậy, *trong quá trình dao động của con lắc lò xo mỗi khi thế năng của lò xo giảm dần thì động năng của hòn bi tăng dần và ngược lại*.

2. Khảo sát định lượng

Ta hãy tính động năng, thế năng và cơ năng của con lắc lò xo tại một thời điểm t bất kì.

Giả sử tại thời điểm t, li độ x của hòn bi là :

$$x = A\sin(\omega t + \varphi)$$

Khi ấy vận tốc của hòn bi bằng :

$$v = x' = A\omega\cos(\omega t + \varphi)$$

Động năng của hòn bi bằng

$$E_đ = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\omega^2A^2\cos^2(\omega t + \varphi)$$

Thế năng của lò xo bằng công của lực đàn hồi đưa hòn bi từ li độ x về vị trí cân bằng :

$$E_t = A = \frac{1}{2}kx^2$$

Thay $k = m\omega^2$ và $x = A\sin(\omega t + \varphi)$ vào, ta được :

$$E_t = \frac{1}{2}m\omega^2A^2\sin^2(\omega t + \varphi)$$

Cơ năng của con lắc tại thời điểm đó bằng :

$$E = E_đ + E_t = \frac{1}{2}m\omega^2A^2$$

Như vậy, ta đã chứng minh được rằng *trong suốt quá trình dao động cơ năng của con lắc là không đổi và tỉ lệ với bình phương của biên độ dao động*. Động năng của hòn bi tăng thêm bao nhiêu thì thế năng của lò xo giảm đi bấy nhiêu và ngược lại. Nói một cách khác, có sự chuyển hóa năng lượng từ thế năng của lò xo sang động năng của quả cầu và ngược lại.

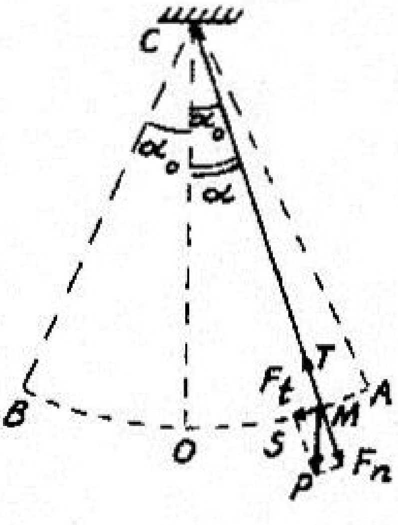
Bài 3

KHẢO SÁT CHUYỂN ĐỘNG CỦA CON LẮC ĐƠN

I - LẬP PHƯƠNG TRÌNH CHUYỂN ĐỘNG

Xét một con lắc đơn gồm một hòn bi nhỏ và nặng (coi là một chất điểm) treo vào một sợi dây không dãn và có khối lượng không đáng kể. Con lắc có vị trí cân bằng là CO (H. 3.1).

Chọn O làm điểm gốc, chiều dương hướng sang phải. Khi ấy vị trí của hòn bi M được xác định bằng độ dài đại số của cung $\overset{\frown}{OM} = s$.



Hình 3.1

Ta đẩy hòn bi theo cung $\overset{\frown}{OA} = s_o$ đến điểm A rồi buông tay ra, ta thấy con lắc dao động xung quanh vị trí cân bằng CO với biên độ góc là α_o.

Tại một vị trí bất kì được xác định bằng cung s (hay li độ góc α), hòn bi chịu tác dụng của trọng lực $\overrightarrow{P}$ và lực căng $\overrightarrow{T}$ của dây. Ta phân tích trọng lực $\overrightarrow{P}$ thành hai lực thành phần : $\overrightarrow{F_n}$ theo phương của dây còn $\vec{F}_t$ vuông góc với dây tức là tiếp tuyến với quỹ đạo. Chúng ta chỉ xét trường hợp góc α_o rất nhỏ ($\alpha_o \leq 10°$) để có thể coi cung $\widehat{OM}$ trùng với dây cung $\overline{OM}$ (và $\sin\alpha \approx \alpha$ (rad) $\approx \frac{s}{l}$). Khi ấy lực $\vec{F}_n$ hợp với lực căng $\vec{T}$ thành lực hướng tâm làm vật chuyển động tròn mà không làm thay đổi độ lớn của vận tốc. Chỉ còn lực F_t đẩy hòn bi chuyển động nhanh dần về O (ở vị trí li độ cực đại, vận tốc của vật bằng 0, lực hướng tâm bằng 0 thì $\vec{F}_n$ cân bằng với $\vec{T}$).

Theo định luật Niutơn II ta viết :

$a_t = \frac{F_t}{m}$ (a_t là gia tốc tiếp tuyến của hòn bi)

$$a_t = \frac{-mg\sin\alpha}{m} = -g\sin\alpha = -g\alpha = -g\frac{s}{l}$$

$$a_t = s'' = -\frac{g}{l}s$$

Đặt $\omega^2 = \frac{g}{l}$, ta có :

$$s'' = -\omega^2 s$$

Phương trình này có nghiệm là $s = S_o\sin(\omega t + \varphi)$. Đây là phương trình chuyển động của con lắc đơn.

Vậy, *với những dao động nhỏ thì chuyển động của con lắc đơn là một dao động điều hòa với tần số góc là* $\omega = \sqrt{g/l}$

II – KHẢO SÁT NĂNG LƯỢNG CỦA CON LẮC ĐƠN

1. Khảo sát định tính

Khi kéo con lắc đơn lệch ra khỏi vị trí cân bằng CO một góc α_o, lực kéo đã thực hiện một công và truyền cho hòn bi một năng lượng ban đầu dưới dạng thế năng trọng trường (H. 3.1).

Khi lực kéo mất đi, lực thành phần $\vec{F_t}$ của trọng lực tiếp tuyến với quỹ đạo kéo hòn bi chuyển động nhanh dần về phía 0. Thế năng của hòn bi giảm dần, động năng của nó tăng dần.

Khi hòn bi về đến 0, lực $\vec{F_t}$ bằng 0, thế năng dự trữ bằng 0. Vận tốc của hòn bi và do đó động năng có giá trị cực đại.

Hòn bi tiếp tục chuyển động theo quán tính và lên cao dần. Thế năng của hòn bi tăng dần. Lực $\vec{F_t}$ xuất hiện theo chiều ngược lại làm vận tốc của nó giảm dần, động năng của nó giảm dần.

Khi hòn bi lên tới vị trí biên B thì nó dừng lại. Động năng của nó bằng không, thế năng của nó cực đại.

Sau đó lực $\vec{F_t}$ lại kéo hòn bi chuyển động nhanh dần về phía 0. Thế năng của hòn bi lại giảm dần, động năng của nó lại tăng dần. Như vậy, trong quá trình dao động, mỗi khi thế năng của hòn bi giảm dần thì động năng của nó tăng dần, và ngược lại.

2. Khảo sát định lượng

Ta hãy tính thế năng, động năng và cơ năng của con lắc tại một thời điểm bất kì t.

Chọn mốc để tính thế năng là vị trí cân bằng 0. Khi ấy, thế năng của hòn bi ở vị trí M bằng :

$$E_t = mgh_M$$

Theo định lí về động năng : động năng của hòn bi tại M bằng công của trọng lực làm hòn bi dịch chuyển từ A đến M, công này chỉ phụ thuộc độ cao (còn công của lực căng T bằng không vì lực này luôn luôn vuông góc với đường đi)

$$E_đ = \frac{1}{2}mv^2 = mg(h_A - h_M)$$

Cơ năng của hòn bi bằng :

$$E = E_đ + E_t = mgh_A = mgl(1 - \cos\alpha_o)$$

Khi biên độ góc α_o nhỏ ($\alpha_o \leqslant 10^o$) thì ta có :

$$E = mgl\left(2\sin^2\frac{\alpha_o}{2}\right) = mg\frac{l}{2}\alpha_o^2$$

$$E = \frac{1}{2}m\frac{g}{l}s_o^2 \text{ (vì } \sin\alpha_o \approx \alpha_o = -\frac{s_o}{l})$$

Vì $\omega^2 = g/l$ nên ta có thể viết lại như sau :

$$E = \frac{1}{2} m\omega^2 s_o^2$$

Như vậy, ta đã chứng minh được rằng, *trong quá trình dao động điều hòa cơ năng của con lắc đơn là không đổi và tỉ lệ với bình phương của biên độ dao động*.

Thế năng của con lắc giảm đi bao nhiêu thì động năng của nó tăng lên bấy nhiêu, và ngược lại. Nói một cách khác có sự chuyển hóa năng lượng từ dạng thế năng sang dạng động năng, và ngược lại.

III – SO SÁNH PHƯƠNG TRÌNH DAO ĐỘNG CỦA CON LẮC LÒ XO VỚI PHƯƠNG TRÌNH DAO ĐỘNG CỦA CON LẮC ĐƠN

1. Giống nhau

Hai phương trình đều có dạng toán học giống nhau, đều mô tả dao động điều hòa.

2. Khác nhau

– Khác nhau về biểu thức của tần số góc. Đối với con lắc lò xo thì $\omega = \sqrt{k/m}$ chỉ phụ thuộc hệ kín lò xo – vật ; còn đối với con lắc đơn thì $\omega = \sqrt{g/l}$ phụ thuộc vào g (vị trí của con lắc trên mặt đất) vì hệ kín ở đây là con lắc và Trái Đất.

– Khi không có ma sát thì dao động của con lắc lò xo là dao động điều hòa (trong giới hạn đàn hồi của lò xo), còn dao động của con lắc đơn chỉ gần đúng là dao động điều hòa khi biên độ góc nhỏ.

Bài 4

SỰ LỆCH PHA CỦA HAI DAO ĐỘNG. SỰ TỔNG HỢP HAI DAO ĐỘNG

I – SỰ LỆCH PHA CỦA HAI DAO ĐỘNG. ĐỘ LỆCH PHA

1. Độ lệch pha

Giả sử có hai dao động điều hòa cùng tần số có pha khác nhau và có phương trình lần lượt là :

$$x_1 = A_1 \sin(\omega t + \varphi_1)$$
$$x_2 = A_2 \sin(\omega t + \varphi_2)$$

Ta hãy tính độ lệch pha (tức là hiệu số pha) của hai dao động này :

$$\Delta\varphi = (\omega t + \varphi_2) - (\omega t + \varphi_1) = \varphi_2 - \varphi_1$$

Ta nhận thấy, khi hai dao động điều hòa cùng tần số thì độ lệch pha là một lượng không đổi và bằng hiệu các pha ban đầu.

Vậy, *độ lệch pha là một đại lượng đặc trưng cho sự khác nhau về trạng thái giữa hai dao động và được xác định bằng hiệu các pha ban đầu.*

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$$

2. Sự lệch pha của hai dao động

a) Hai dao động lệch pha là hai dao động có độ lệch pha không đổi và khác không.

b) Hai dao động cùng pha là hai dao động có độ lệch pha bằng 0 hay bằng $2n\pi$.

c) Hai dao động ngược pha là hai dao động có độ lệch pha bằng π hay bằng $(2n + 1)\pi$.

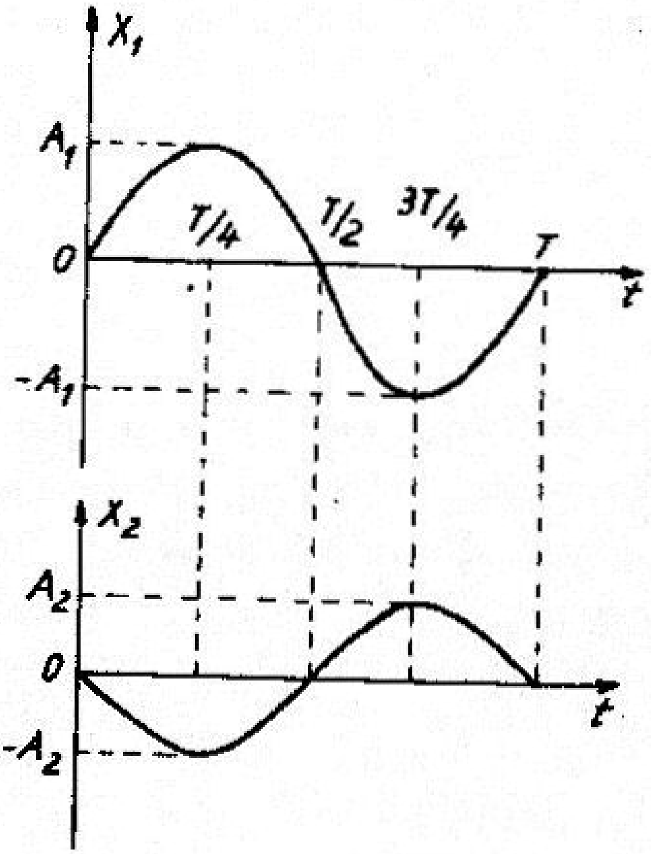
d) Dao động 2 là sớm pha hơn dao động 1 nếu $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 > 0$. Dao động 2 trễ pha hơn dao động 1 nếu $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 < 0$.

3. Phương trình và đồ thị của hai dao động ngược pha

$x_1 = A_1 \sin\omega t$

$x_2 = A_2 \sin(\omega t - \pi)$

Hình 4.1 là đồ thị hai dao động ngược pha nhau.



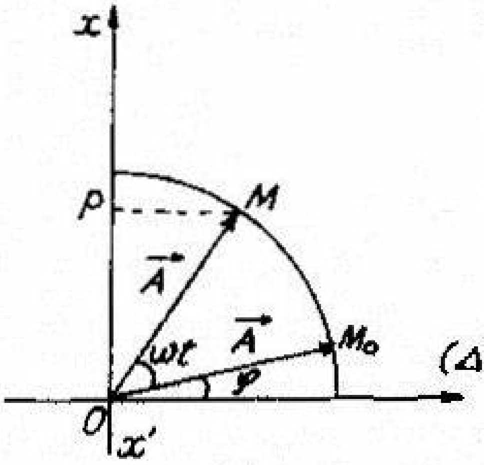
Hình 4.1

II – SỰ TỔNG HỢP DAO ĐỘNG. PHƯƠNG PHÁP VECTƠ QUAY

1. Cách biểu diễn dao động điều hòa bằng một vectơ quay

Để tổng hợp hai dao động điều hòa có cùng phương, cùng tần số nhưng có biên độ và pha khác nhau, người ta thường dùng phương pháp vectơ quay của Frexnen. Theo phương pháp này, mỗi dao động điều hòa được biểu diễn bằng một vectơ quay.

Giả sử cần biểu diễn dao động điều hòa $x = A\sin(\omega t + \varphi)$. Ta vẽ một trục nằm ngang (Δ) và một trục thẳng đứng x'x cắt (Δ) tại O (H. 4.2). Tại thời điểm ban đầu vẽ một vectơ $\vec{A}$ có gốc tại O, có độ dài tỉ lệ với biên độ A và tạo với trục (Δ) một góc bằng pha ban đầu φ. Cho vectơ $\vec{A}$ quay theo chiều dương (ngược chiều kim đồng hồ) với vận tốc góc không đổi ω, thì hình chiếu P của đầu mút của vectơ $\vec{A}$ xuống trục x'x dao động điều hòa với phương trình :



Hình 4.2

$$x = \overline{OP} = A\sin(\omega t + \varphi)$$

Ta nói rằng *dao động điều hòa $x = A\sin(\omega t + \varphi)$ có thể được biểu diễn bằng vectơ quay $\vec{A}$.*

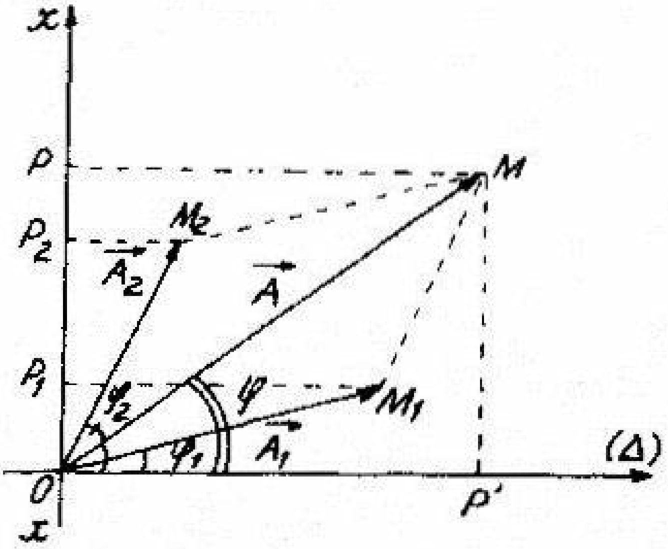
2. Tổng hợp hai dao động điều hòa cùng phương cùng tần số bằng phương pháp vectơ quay

Giả sử có một vật tham gia đồng thời vào hai dao động cùng phương, cùng tần số, nhưng có biên độ và pha ban đầu khác nhau.

$$x_1 = A_1\sin(\omega t + \varphi_1)$$
$$x_2 = A_2\sin(\omega t + \varphi_2)$$

Chuyển động của vật là sự tổng hợp của hai dao động thành phần trên đây. Ta sẽ dùng phương pháp vectơ quay để tìm phương trình của chuyển động tổng hợp.

Vẽ vectơ $\overrightarrow{A_1}$ có độ lớn tỉ lệ với biên độ A_1 và tạo với trục (Δ) một góc bằng φ_1 (H.4.3) Sau đó vẽ vectơ $\overrightarrow{A_2}$ có độ lớn tỉ lệ với biên độ A_2 theo cùng một tỉ xích tạo với trục (Δ) một góc bằng φ_2. Vẽ vectơ tổng $\overrightarrow{A}$ của $\overrightarrow{A_1}$ và $\overrightarrow{A_2}$, nó tạo với (Δ) một góc bằng φ.



Hình 4.3

Từ hình vẽ ta thấy góc giữa hai vectơ $\overrightarrow{A_2}$ và $\overrightarrow{A_1}$ là một lượng không đổi và bằng $\varphi_2 - \varphi_1$.

Cho hai vectơ $\overrightarrow{A_1}$ và $\overrightarrow{A_2}$ quay quanh O theo chiều dương với vận tốc góc không đổi ω. Khi đó hình bình hành OM_1MM_2 không biến dạng, nên vectơ tổng $\overrightarrow{A}$ có độ lớn không đổi và cũng quay quanh O theo chiều dương với vận tốc góc ω.

Vì tổng đại số các hình chiếu của hai vectơ $\overrightarrow{A_1}$ và $\overrightarrow{A_2}$ xuống trục x'x bằng hình chiếu của vectơ $\overrightarrow{A}$ xuống trục đó, nên *chuyển động tổng hợp của hai dao động điều hòa cùng phương, cùng tần số là một dao động điều hòa cùng phương và cùng tần số.*

Do đó *vectơ $\overrightarrow{A}$ biểu diễn dao động điều hòa tổng hợp và góc φ biểu diễn pha ban đầu của dao động tổng hợp.*

3. Biên độ và pha ban đầu của dao động tổng hợp

Xét tam giác OMM_2 trên hình 4.3, ta có :

$$\overline{OM}^2 = \overline{OM_2}^2 + \overline{M_2M}^2 - 2\overline{OM_2}\,.\,\overline{M_2M}\cos\widehat{OM_2M}$$

hay : $$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1) \qquad (1)$$

Còn $$\operatorname{tg}\varphi = \frac{MP'}{OP'} = \frac{OP}{OP'} = \frac{A_1\sin\varphi_1 + A_2\sin\varphi_2}{A_1\cos\varphi_1 + A_2\cos\varphi_2} \qquad (2)$$

Công thức (1) cho thấy, khi hai dao động thành phần đồng pha thì biên độ của dao động tổng hợp $A = A_1 + A_2$. Còn khi hai dao động thành phần ngược pha thì biên độ của dao động tổng hợp là $A = |A_1 - A_2|$

Bài 5

DAO ĐỘNG TỰ DO. DAO ĐỘNG TẮT DẦN. DAO ĐỘNG DUY TRÌ

I - DAO ĐỘNG TỰ DO

1. Thế nào là dao động tự do ?

Dao động mà chu kì chỉ phụ thuộc các đặc tính của con lắc mà không phụ thuộc các yếu tố bên ngoài được gọi là dao động tự do.

Thí dụ, con lắc lò xo dao động tự do theo chu kì riêng $T = 2\pi\sqrt{m/k}$; con lắc đơn dao động tự do theo chu kì riêng là $T = 2\pi\sqrt{l/g}$

2. Điều kiện để con lắc dao động tự do là các lực ma sát phải rất nhỏ, có thể bỏ qua. Khi ấy con lắc lò xo và con lắc đơn sẽ dao động mãi mãi với chu kì riêng. Chú ý rằng dao động của con lắc đơn chỉ có thể coi là dao động tự do nếu không thay đổi vị trí (để cho g là không đổi, T chỉ phụ thuộc l)

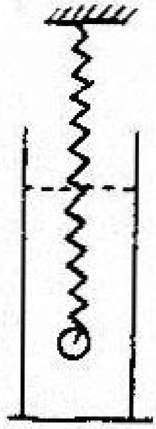
II - DAO ĐỘNG CƠ TẮT DẦN

1. Định nghĩa

Dao động có biên độ giảm dần theo thời gian là dao động tắt dần.

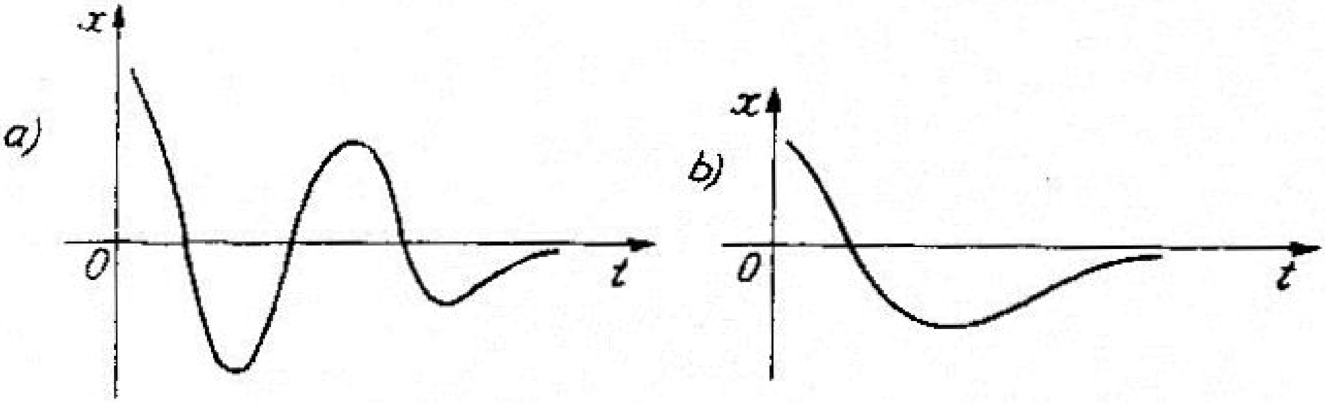
2. Nguyên nhân

Nguyên nhân làm tắt dần dao động của con lắc là lực ma sát của môi trường trong đó con lắc dao động. Lực này luôn luôn hướng ngược chiều chuyển động, nên sinh công âm làm cơ năng con lắc giảm dần, chuyển hóa thành nhiệt năng.



Hình 5.1

Tùy theo lực ma sát lớn hay nhỏ mà dao động sẽ ngừng lại (tắt) nhanh hay chậm). Thí dụ, cho con lắc dao động trong không khí thì nó dao động khá lâu mới tắt, vì lực cản của không khí là nhỏ. Cho con lắc dao động trong một bình đựng nước, nó tắt dần khá nhanh (H. 5.1) (Đồ thị H. 5.2a). Nếu thay bình nước bằng bình đựng dầu nhớt thì có thể không xảy ra dao động (Đồ thị H. 5.2b)



Hình 5.2

3. Ứng dụng

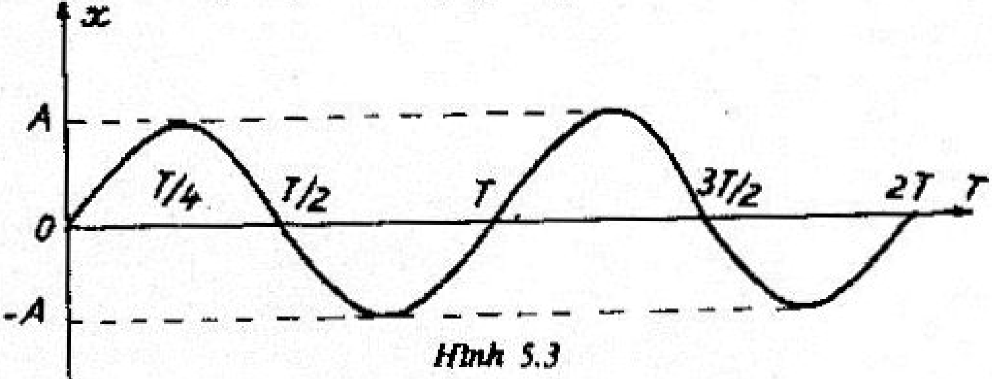
Sau đây là một biện pháp kĩ thuật làm dao động của khung xe ôtô chóng tắt. Các ôtô đều có các lò xo giảm sóc. Khi ôtô gặp "chỗ xóc" (chỗ đường gồ ghề), các lò xo bị nén lại hoặc giãn ra. Sau khi qua "chỗ xóc", khung xe tiếp tục dao động giống như một con lắc lò xo, làm cho hành khách khó chịu. Để làm cho dao động này chóng tắt, người ta gắn vào ôtô một thiết bị đặc biệt, gồm một pittông chuyển động được theo chiều thẳng đứng trong một xi lanh chứa đầy dầu nhớt. Pittông thì gắn với khung xe còn xi lanh thì gắn với trục bánh xe. Khi khung xe dao động trên lò xo giảm xóc thì pittông cũng dao động trong xi lanh. Dầu nhớt làm cho dao động đó chóng tắt, và do đó dao động của khung xe cũng chóng tắt.

III – DAO ĐỘNG DUY TRÌ

1. Định nghĩa

Dao động có biên độ không thay đổi theo thời gian gọi là dao động duy trì, còn gọi là tự dao động.

Hình 5.3 là đồ thị dao động duy trì.



Hình 5.3

2. Muốn có dao động duy trì thì về nguyên tắc phải tác dụng vào con lắc một lực tuần hoàn với tần số bằng tần số riêng. Lực tuần hoàn này nhỏ, không làm biến đổi tần số riêng của con lắc (hệ). Lực này cung cấp cho nó ngay sau mỗi nửa chu kì một năng lượng đúng bằng phần năng lượng tiêu hao vì nhiệt trong mỗi nửa chu kì.

3. Ứng dụng

Sau đây là một biện pháp kĩ thuật dùng để duy trì dao động của con lắc đồng hồ. Trong đồng hồ có một dây cót, dây cót này liên hệ với quả lắc bằng một hệ thống bánh răng và những cơ cấu thích hợp. Khi ta lên dây cót, ta đã tích lũy vào dây cót một thế năng đàn hồi nhất định. Mỗi khi con lắc đạt tới biên độ sau một nửa chu kì thì dây cót lại giãn ra một chút và một phần năng lượng của nó qua những cơ cấu trung gian được truyền đến quả lắc. Năng lượng đó đủ để bù lại phần năng lượng đã tiêu hao do ma sát. Vì vậy quả lắc đồng hồ vẫn tiếp tục dao động lâu dài với tần số và biên độ như cũ.

Bài 6

DAO ĐỘNG CƯỠNG BỨC. CỘNG HƯỞNG

I – DAO ĐỘNG CƯỠNG BỨC

1. Định nghĩa

Dao động chịu tác dụng của một lực cưỡng bức *biến thiên tuần hoàn gọi là dao động cưỡng bức*.

2. Đặc điểm

– Trong khoảng thời gian nhỏ Δt kể từ lúc bắt đầu có ngoại lực tác dụng, dao động của vật (con lắc) là một dao động phức tạp, là sự tổng hợp của dao động riêng và dao động do ngoại lực gây ra. Sau đó, dao động riêng tắt hẳn, chỉ còn lại dao động do tác dụng của ngoại lực. Đó là dao động cưỡng bức. Dao động cưỡng bức có tần số bằng tần số của lực cưỡng bức ; tần số này nói chung khác tần số riêng.

– Dao động cưỡng bức có biên độ phụ thuộc vào độ chênh lệch giữa tần số f của lực cưỡng bức và tần số riêng f_o của con lắc (vật). Nếu tần số f càng gần tần số riêng f_o thì biên độ của dao động cưỡng bức càng tăng. Nếu $f = f_o$ thì có hiện tượng cộng hưởng.

– Nếu lực cưỡng bức được duy trì lâu dài thì dao động cưỡng bức cũng được duy trì lâu dài.

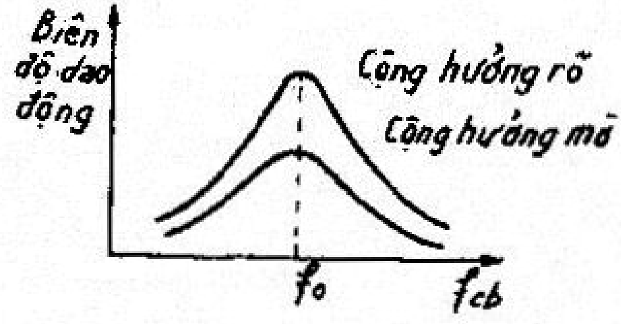
II – SỰ CỘNG HƯỞNG

1. Định nghĩa

Cộng hưởng là hiện tượng biên độ dao động cưỡng bức tăng nhanh đột ngột đến một giá trị cực đại khi tần số của lực cưỡng bức bằng tần số riêng của con lắc.

2. Đặc điểm

Hiện tượng cộng hưởng thể hiện càng rõ nét nếu lực cản của môi trường càng nhỏ. Khi đó gọi là cộng hưởng rõ. Nếu lực cản của môi trường lớn thì cộng hưởng thể hiện không rõ. Khi đó gọi là cộng hưởng mờ.

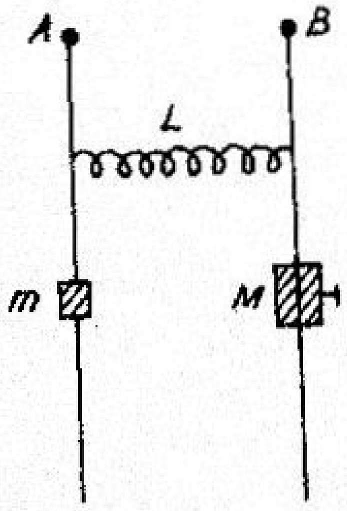


Hình 6.1

3. Đồ thị cộng hưởng (H.6.1)

4. Thí nghiệm

Treo hai con lắc gần nhau. Con lắc A gồm một quả nặng khối lượng m gắn cố định vào một thanh kim loại mảnh. A có tần số



Hình 6.2

riêng là f_o. Con lắc B gồm một quả nặng khối lượng M (M > > m) di động được trên một thanh kim loại mảnh có vạch chia độ. B có tần số f thay đổi được tùy theo vị trí của M trên thanh (H. 6.2).

Nếu nối hai thanh của con lắc bằng một lò xo mềm rồi cho B dao động trong mặt phẳng của hình vẽ thì A sẽ chịu một lực cưỡng bức do B tác dụng qua lò xo. Do đó, A sẽ dao động cưỡng bức với tần số bằng tần số f của lực cưỡng bức (tức là bằng tần số f của B).

Thay đổi vị trí của M để thay đổi tần số f của lực cưỡng bức ta thấy, khi $f \approx f_o$ thì biên độ của A có giá trị lớn nhất, còn khi f lớn hơn hay nhỏ hơn f_o thì biên độ của A giảm rất nhanh. Như vậy, khi lực cản của không khí rất nhỏ thì hiện tượng cộng hưởng thể hiện rõ nét.

Bây giờ ta tăng lực cản của không khí bằng cách lắp thêm vào con lắc A một tấm N mỏng bằng chất dẻo rồi lặp lại thí nghiệm như trên thì thấy hiện tượng cộng hưởng không còn rõ nét nữa. Tuy A vẫn dao động cộng hưởng khi $f \approx f_o$ nhưng biên độ của nó nhỏ hơn khi chưa lắp tấm N.

5. Thí dụ về cộng hưởng cơ

- *Cộng hưởng có lợi :* Một em nhỏ chỉ cần dùng một lực nhỏ để đưa võng cho người lớn bằng cách đẩy nhẹ chiếc võng mỗi khi nó lên tới độ cao nhất gần chỗ em đứng. Như thế, em bé đã tác dụng lên võng một lực cưỡng bức có tần số bằng tần số riêng của võng làm cho võng dao động cộng hưởng với biên độ cực đại.

- *Cộng hưởng có hại :* Chiếc cầu, bệ máy, khung xe v.v... là những hệ dao động và đều có tần số riêng giống như con lắc. Nếu vì một nguyên nhân nào đó chúng dao động cộng hưởng với một dao động khác thì chúng sẽ dao động với biên độ cực đại và có thể bị gẫy, bị đổ.

SÓNG CƠ HỌC

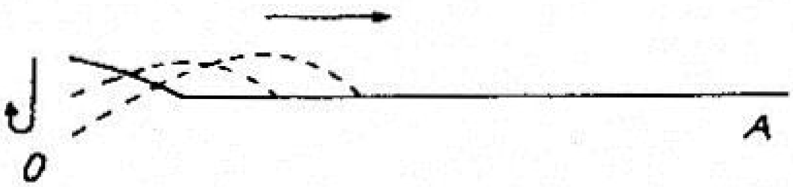
Bài 7

SÓNG CƠ HỌC VÀ NHỮNG ĐẶC TRƯNG CƠ BẢN CỦA SÓNG CƠ HỌC

I - ĐỊNH NGHĨA SÓNG CƠ HỌC - SÓNG NGANG - SÓNG DỌC

1. + *Sóng cơ học là những dao động đàn hồi lan truyền trong một môi trường vật chất theo thời gian.*

Thí dụ : Cho đầu O của một sợi dây dài OA, căng ngang, dao động lên xuống (H. 7.1). Nhờ lực liên kết đàn hồi giữa các phần tử của sợi dây, dao động sẽ lan truyền từ O đến A, dọc theo sợi dây, tạo thành một sóng cơ học trên sợi dây.



Hình 7.1

+ Sóng âm truyền trong không khí cũng là một sóng cơ học. Ở đây sự nén và dãn liên tục của các lớp không khí được lan truyền đi. Áp suất không khí tác dụng lên mỗi lớp không khí đóng vai trò như lực đàn hồi, làm cho các lớp không khí bị nén, dãn. Sự nén, dãn của các lớp không khí có thể coi như những biến dạng đàn hồi. Do đó có định nghĩa tổng quát của sóng cơ học : *Sóng cơ học là những biến dạng đàn hồi được lan truyền đi trong một môi trường vật chất, theo thời gian.*

Biến dạng đàn hồi có thể là sự dao động của các phần tử của môi trường, có thể là sự nén dãn của chúng (lớp môi trường).

Ta hiểu *quá trình sóng bao gồm cả quá trình dao động của các phần tử của môi trường và quá trình lan truyền của các dao động đó.*

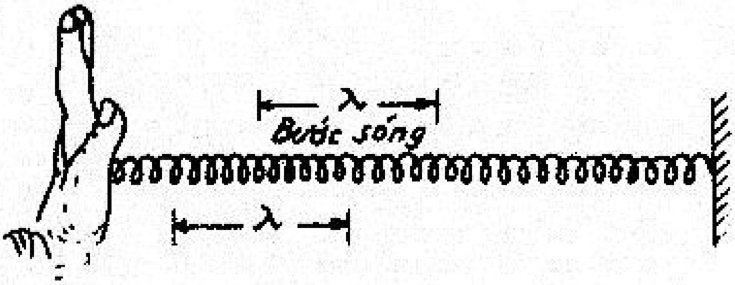
+ *Một đặc điểm quan trọng của sóng là khi sóng truyền trong một môi trường thì các phần tử của môi trường chỉ dao động quanh vị trí cân bằng của chúng mà không chuyển dời theo sóng.*

Có thể xác nhận kết luận trên bằng cách quan sát một vật nhỏ, nhẹ, nổi trên mặt nước khi có sóng lan truyền qua.

2. *Sóng ngang là sóng mà phương dao động của các phần tử của môi trường vuông góc với phương truyền sóng.*

Thí dụ : trong sóng nhỏ lan truyền trên mặt nước hồ, ao v.v... thì các phần tử nước ở gần mặt nước dao động theo phương vuông góc với mặt nước, còn phương truyền sóng thì nằm dọc theo mặt nước. Sóng lan truyền trên sợi dây đàn khi ta gẩy ngang sợi dây cũng là sóng ngang.

3. *Sóng dọc là sóng mà phương dao động của các phần tử của môi trường trùng với phương truyền sóng* (H. 7.2).



Hình 7.2

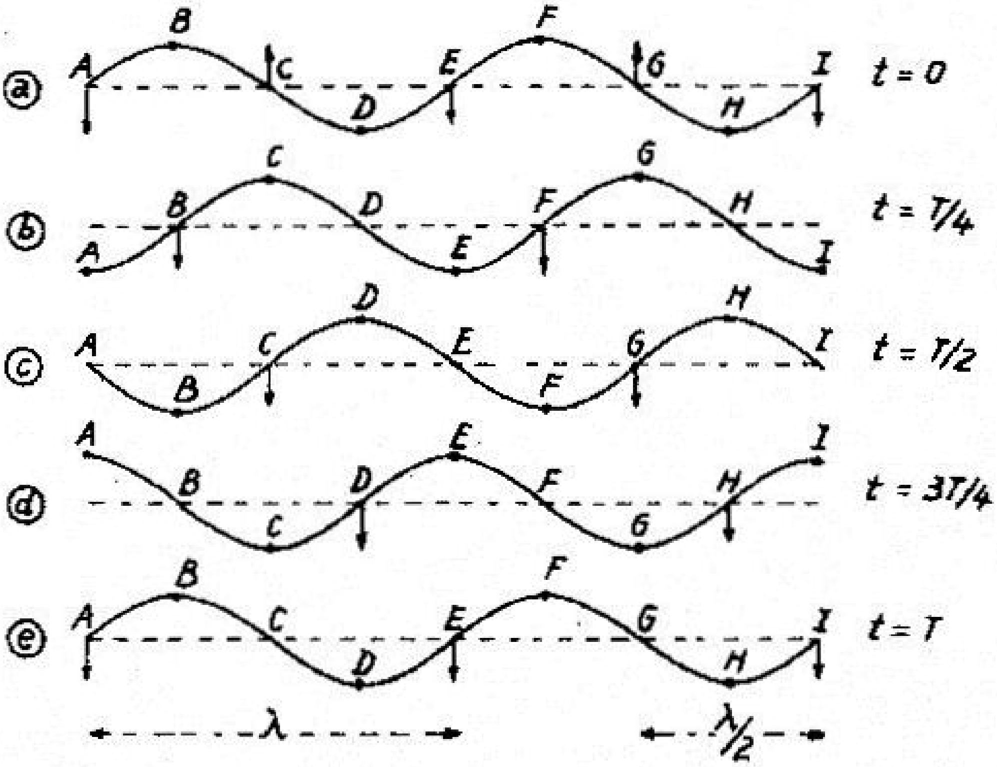
Thí dụ : sóng nén – dãn truyền dọc theo một lò xo ; sóng âm truyền trong không khí.

II – QUÁ TRÌNH TRUYỀN SÓNG LÀ QUÁ TRÌNH LAN TRUYỀN CỦA CÁC PHA DAO ĐỘNG – GIẢI THÍCH SỰ TẠO THÀNH SÓNG TRÊN MẶT NƯỚC

1. Mô tả quá trình truyền sóng trên mặt nước

Giả sử có một hòn bi nhỏ P gắn ở đầu của một thanh thép đàn hồi. Thanh thép nằm song song với mặt nước và hòn bi tiếp xúc với mặt nước. Khi cho hòn bi P dao động nhỏ theo phương vuông góc với mặt nước, ta thấy có những sóng từ P lan ra trên mặt nước dưới dạng những gợn hình vành tròn lồi, lõm, đồng tâm ở P, lan rộng dần ra. Mỗi điểm trên mặt nước khi sóng truyền qua sẽ dao động lên, xuống với chu kì T.

Ta tưởng tượng cắt mặt nước bằng một mặt phẳng đứng qua P. Vết cắt đó có dạng như hình 7.3.



Hình 7.3

Giả sử ở thời điểm t = 0, sóng có hình dạng như ở hình 7.3.a. Ta thấy rằng các điểm A, E, I trên mặt nước đang dao động cùng pha với nhau : chúng cùng đi qua vị trí cân bằng và chuyển động xuống phía dưới.

Các điểm C, G đang dao động ngược pha với A, E, I : chúng cùng đi qua vị trí cân bằng và chuyển động lên phía trên.

Ở thời điểm $t = \frac{T}{4}$, sóng có dạng như ở hình 7.3b. Pha dao động ở A lúc t = 0 đã truyền đến điểm B : B đang đi qua vị trí cân bằng và chuyển động đi xuống.

Ở các thời điểm $t = \frac{T}{2}$, $t = 3\frac{T}{4}$ và t = T, sóng từ A được truyền lần lượt đến các điểm C (H. 7.3c) ; D (H. 7.3d) và E (H. 7.3e) v.v. Như vậy pha dao động từ A đã truyền đi theo phương ngang, dọc theo mặt nước.

Vậy, quá trình truyền sóng là quá trình lan truyền của các pha dao động.

2. Nguyên nhân của sự truyền sóng trên mặt nước

Giữa các phần tử nước nằm ở lớp bề mặt (cũng như các phần tử của mọi chất khác) có tương tác lẫn nhau (có lực liên kết). Khi một phần tử nước A dao động và nhô lên cao, các lực tương tác kéo các phần tử lân cận cũng nhô lên cao, nhưng chậm hơn một chút. Các lực đó cũng kéo phần tử A về vị trí cũ (vị trí cân bằng). Như vậy tương tác giữa các phần tử nước có vai trò như lực đàn hồi trong con lắc lò xo. Tóm lại, khi một phần tử nước dao động theo phương thẳng đứng, do tương tác nói trên, nó sẽ lôi kéo các phần tử nước lân cận dao động theo. Cứ như vậy, dao động lan truyền ra xa dần.

III - CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐẶC TRƯNG CỦA SÓNG

1. Chu kì dao động của sóng là chu kì dao động chung của các phần tử vật chất của môi trường có sóng truyền qua. Đó là khoảng thời gian ngắn nhất sau đó trạng thái dao động lặp lại như cũ. Nó bằng chu kì dao động T của nguồn sóng.

2. Tần số sóng f là tần số dao động của mỗi phần tử của môi trường. Đó là số lần trạng thái dao động được lặp lại như cũ trong một đơn vị thời gian. Nó là đại lượng nghịch đảo của chu kì của sóng.

$$f = \frac{1}{T}$$

3. Vận tốc sóng v là vận tốc truyền pha dao động. Vận tốc truyền của một gợn lồi nhất định trong sóng nước là vận tốc sóng trên mặt nước.

4. Bước sóng là khoảng cách ngắn nhất giữa hai điểm trên một phương truyền sóng dao động cùng pha với nhau.

Bước sóng cũng là quãng đường mà sóng lan truyền đi được trong một chu kì dao động.

$$\lambda = vT$$

5. **Biên độ sóng** tại một điểm là biên độ dao động của các phần tử vật chất của môi trường tại điểm đó khi có sóng truyền qua. Biên độ là li độ cực đại của phần tử ở đó khỏi vị trí cân bằng.

IV - PHƯƠNG TRÌNH SÓNG

Phương trình sóng cũng là phương trình dao động của một điểm bất kì trên phương truyền sóng.

Giả sử phương trình dao động của nguồn P có biểu thức là

$$y_P = A\sin\omega t = A\sin 2\pi\frac{t}{T}$$

với y_P là li độ, A là biên độ, ω là tần số góc của nguồn $\omega = \frac{2\pi}{T}$, và T là chu kì dao động của nguồn.

Sau khoảng thời gian Δt, sóng truyền đến một điểm M trên phương truyền sóng, cách P một khoảng là PM = x. Gọi v là vận tốc sóng, ta có

$$\Delta t = \frac{x}{v}$$

Lúc đó pha dao động của M sẽ giống như pha dao động của P lúc $t - \Delta t$. Ta có $y_M = A\sin\frac{2\pi}{T}(t - \Delta t) = A\sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$ với $\lambda = vT$. Vậy phương trình dao động tại điểm M trên phương truyền sóng, tức là phương trình sóng sẽ là :

$$y = A\sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right).$$

Với một giá trị nhất định của x (ứng với một điểm M nhất định trên phương truyền sóng) thì y là một hàm số sin của t với chu kì T. Nó biểu diễn dao động của điểm M.

Với một giá trị nhất định của t thì y là một hàm số sin của x với "chu kì" là λ. Nó biểu diễn hình dạng của sóng lúc t.

Vậy *sóng là một quá trình tuần hoàn theo thời gian và trong không gian.*

V – NĂNG LƯỢNG SÓNG VÀ SỰ TRUYỀN CỦA NĂNG LƯỢNG SÓNG

1. Sóng truyền đến điểm nào thì làm cho các phần tử vật chất của môi trường tại điểm đó dao động với một biên độ nhất định, tức là truyền cho các phần tử đó một năng lượng.

Vậy, *quá trình truyền sóng cũng là một quá trình truyền năng lượng.*

2. Ta hiểu năng lượng sóng tại một thời điểm là năng lượng mà một đơn vị thể tích của môi trường ở điểm ấy có do dao động.

Năng lượng dao động được tính theo năng lượng dao động của con lắc (trong biểu thức năng lượng dao động của con lắc ta thay khối lượng m bằng khối lượng riêng D)

$$E = \frac{1}{2} D\omega^2 A^2$$

với D là khối lượng riêng của môi trường truyền sóng ; ω là tần số góc $\left(\omega = \frac{2\pi}{T}\right)$ và A là biên độ sóng.

Như vậy, *năng lượng sóng tại một điểm tỉ lệ với bình phương của biên độ sóng tại đó.*

3. Theo định luật bảo toàn năng lượng, năng lượng sóng truyền đi từ nguồn, càng ngày càng trải rộng ra cho các phần tử của môi trường sau đó ; *nên năng lượng dao động của một đơn vị thể tích của môi trường (tức là năng lượng sóng) tại các điểm càng xa nguồn càng nhỏ.*

a) Đối với các sóng truyền từ một nguồn điểm lan trên một mặt phẳng thì năng lượng sóng phải trải ra trên những đường tròn có bán kính ngày càng lớn. Nếu gọi E_o là năng lượng sóng tại nguồn P và E là năng lượng sóng tại điểm M nằm cách P một khoảng r, ta sẽ có

$$E = \frac{E_o}{2\pi r}$$

Năng lượng sóng giảm tỉ lệ nghịch với r, tức là biên độ sóng giảm tỉ lệ nghịch với $\sqrt{r}$.

b) Đối với các sóng truyền từ một điểm vào toàn bộ không gian, thì năng lượng sóng phải trải ra trên những mặt cầu ngày càng lớn. Năng lượng sóng tại M sẽ là

$$E = \frac{E_o}{4\pi r^2}$$

Năng lượng sóng giảm tỉ lệ nghịch với bình phương của r, tức là biên độ sóng giảm tỉ lệ nghịch với r.

c) Trong trường hợp lí tưởng, sóng chỉ lan truyền dọc theo một đường thẳng (một sợi dây) thì năng lượng sóng không bị giảm và biên độ sóng tại mọi điểm trên phương truyền sóng là như nhau.

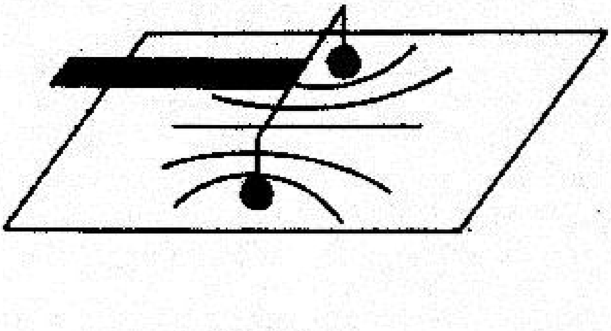
Bài 8

SỰ GIAO THOA CỦA CÁC SÓNG CƠ HỌC

I – HIỆN TƯỢNG GIAO THOA CỦA HAI SÓNG CƠ HỌC

1. Thí nghiệm

Ta dùng một thanh thép ở đầu có gắn hai quả cầu giống nhau P_1 và P_2 (H. 8.1), thì khi cho thanh thép dao động, hai quả cầu sẽ dao động, và ta thấy trên mặt nước có hai hệ sóng lan truyền theo những hình tròn đồng tâm. Hai hệ thống đường tròn mở rộng dần ra và cắt nhau, tạo nên trên mặt nước các nhóm đường cong có dạng những gợn lồi và những gợn lõm đứng yên, không thay đổi theo thời gian, nằm xen kẽ nhau. Những gợn lồi ứng với những chỗ dao động của các phần tử nước có biên độ cực đại, những gợn lõm ứng với những chỗ dao động có biên độ cực tiểu hoặc bằng không. Hiện tượng mà ta quan sát được là *hiện tượng giao thoa của hai sóng*. Hai sóng giao thoa được với nhau là *hai sóng kết hợp*. Hai nguồn



Hình 8.1

phát ra hai sóng kết hợp là *hai nguồn kết hợp*. Những gợn lồi và những gợn lõm gọi là *những vân giao thoa* (nếu hai quả cầu P_1 và P_2 được gắn vào hai thanh thép đàn hồi thì khi cho hai quả cầu đó dao động ta không quan sát thấy hiện tượng giao thoa nói trên, bởi vì khi đó ta không có hai sóng kết hợp).

2. Định nghĩa hiện tượng giao thoa

Hiện tượng giao thoa là hiện tượng xảy ra do sự tổng hợp của hai (hay nhiều) sóng kết hợp trong không gian, trong đó có những chỗ nhất định mà biên độ sóng được tăng cường hoặc bị giảm bớt (thậm chí triệt tiêu). Kết quả là trong vùng giao thoa hình thành những vân giao thoa cố định. Vân cực đại ứng với những chỗ hai sóng tăng cường lẫn nhau ; vân cực tiểu ứng với những chỗ hai sóng triệt tiêu lẫn nhau.

Ngoài ra, dao động trong hai sóng phải có cùng phương. Hiện tương giao thoa là một đặc trưng quan trọng của các quá trình sóng.

3. Nguồn kết hợp

Qua thí nghiệm trên, ta thấy hai nguồn sóng kết hợp P_1 và P_2 có hai đặc điểm sau :

a) Dao động của chúng phải có chu kì T (hoặc cùng tần số ω).

b) Chúng phải dao động cùng pha (hoặc hiệu số pha dao động của chúng phải không thay đổi theo thời gian).

Dao động của hai nguồn P_1, P_2 có thể biểu diễn bằng các hàm số sau :

$$y_o = A_1 \sin\omega t \text{ và } y_2 = A_2 \sin(\omega t + \varphi)$$

φ là độ lệch pha giữa hai nguồn.

Trong thí nghiệm trên hai nguồn dao động hoàn toàn như nhau :

$$A_1 = A_2 \text{ và } \varphi = 0.$$

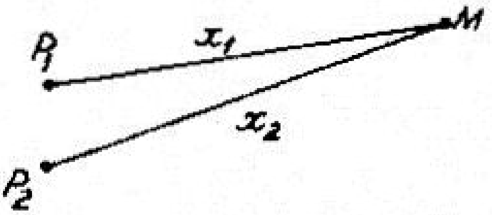
II – SÓNG KẾT HỢP

Hai sóng do hai nguồn kết hợp phát ra là hai sóng kết hợp. Hai sóng kết hợp phải thỏa mãn hai điều kiện sau :

1. *Dao động trong hai sóng phải có cùng chu kì hay tần số (hoặc hai sóng phải có cùng bước sóng).*

2. *Tại mỗi điểm mà hai sóng gặp nhau thì độ lệch pha giữa hai dao động của chúng phải là một lượng không thay đổi theo thời gian.*

Phương trình của hai sóng kết hợp tại điểm M, cách P_1 một khoảng x_1 và cách P_2 một khoảng x_2 là (H. 8.2)



Hình 8.2

$$y_{1M} = A_{1M}\sin\omega\left(t - \frac{x_1}{v}\right)$$

$$y_{2M} = A_{2M}\sin\omega\left(t - \frac{x_2}{v}\right)$$

v là vận tốc truyền sóng. Hai phương trình này có nghĩa là dao động tại M do P_1 gây ra ở lúc t đồng pha với dao động tại P_1 lúc $t - \frac{x_1}{v}$; do P_2 gây ra đồng pha với dao động tại P_2 lúc $t - \frac{x_2}{v}$.

Độ lệch pha giữa hai sóng tại M là

$$\Delta\varphi = \omega\left(t - \frac{x_1}{v}\right) - \omega\left(t - \frac{x_2}{v}\right)$$

$$\Delta\varphi = \frac{\omega}{v}(x_2 - x_1) = \frac{2\pi}{\lambda}(x_2 - x_1)$$

với $\omega = \frac{2\pi}{T}$ và $\lambda = vT$.

IV - VAI TRÒ CỦA ĐỘ LỆCH PHA GIỮA HAI SÓNG TRONG VIỆC GIẢI THÍCH HIỆN TƯỢNG GIAO THOA

Ta thường gặp trường hợp $x_1 \approx x_2$, nên biên độ của hai sóng tại M có thể coi như bằng nhau $A_{1M} = A_{2M}$

Dao động tổng hợp do hai sóng gây ra tại M sẽ là

$$y_M = y_{1M} + y_{2M} = A_{1M}\left[\sin\omega\left(t - \frac{x_1}{v}\right) + \sin\omega\left(t - \frac{x_2}{v}\right)\right]$$

$$y_M = 2A_{1M}\cos\frac{\Delta\varphi}{2}\sin\left(\omega t - \pi\frac{x_1 + x_2}{\lambda}\right).$$

Đó là một dao động điều hòa có biên độ là $A_M = 2A_{1M}\cos\frac{\Delta\varphi}{2}$; có tần số là ω và pha ban đầu là $\frac{\pi}{\lambda}(x_1 + x_2)$.

Biên độ dao động tổng hợp tại M phụ thuộc vào độ lệch pha $\Delta\varphi$ giữa hai sóng tại đó.

Nếu tại M, hai sóng cùng pha

($\Delta\varphi = 2k\pi$; với $k = 0$; ±1 ; ±2 ; ±3...)

thì biên độ dao động tại đó sẽ cực đại và bằng

$$A_M = \pm 2A_{1M}$$

Nếu tại M hai sóng ngược pha ($\Delta\varphi = (2k' + 1)\pi$; với $k' = 0$, ±1, ±2, ±3...) thì biên độ dao động sẽ bằng 0 : $A_M = 0$. Phần tử nước tại điểm đó sẽ đứng yên.

Vậy : *trong hiện tượng giao thoa của hai sóng, độ lệch pha của hai sóng thành phần tại điểm hai sóng đó gặp nhau sẽ quyết định độ lớn của biên độ dao động tổng hợp tại đó.*

Tại những điểm mà hai sóng cùng pha thì chúng sẽ tăng cường lẫn nhau và biên độ dao động tổng hợp sẽ cực đại ; tại những điểm mà hai sóng ngược pha thì chúng sẽ làm yếu lẫn nhau và biên độ dao động tổng hợp sẽ cực tiểu.

V - VÂN GIAO THOA

Các vân giao thoa cực đại ứng với độ lệch pha $\Delta\varphi = 2k\pi$ ($k = 0, \pm1, \pm2$...) Mặt khác

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(x_2 - x_1)$$

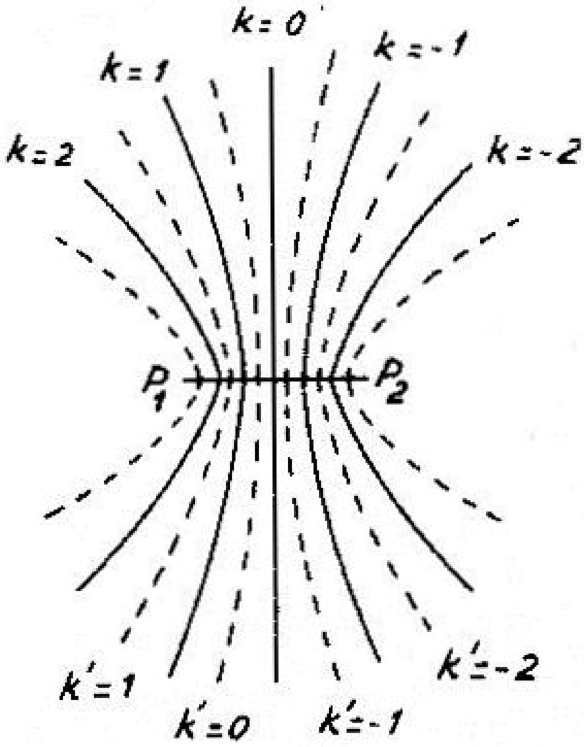
Vậy ta có $x_2 - x_1 = k\lambda$.

Những điểm có biên độ dao động cực đại ứng với hiệu đường đi từ hai nguồn P_1 và P_2 đến đó bằng một số nguyên lần bước sóng.

Với k = 0 ($x_1 = x_2$) ta có một vân cực đại nằm theo đường trung trực của P_1P_2.

Với k = ±1 ta có hai nhánh của một hypebol có tiêu điểm là P_1 và P_2. Với k = ±2 ta lại có hai nhánh của một đường hypebol khác, cũng có tiêu điểm là P_1 và P_2 v.v...

Như vậy các vân giao thoa cực đại ứng với một họ đường hypebol có các tiêu điểm là P_1 và P_2 (các đường cong liền nét vẽ trên hình 8.3).



Hình 8.3

Tương tự, những vân cực tiểu ứng với :

$$\Delta\varphi = (2k' + 1)\pi$$

$$\text{hay } x_2 - x_1 = (2k' + 1)\frac{\lambda}{2}$$

với k' = 0, ±1, ±2 v.v..

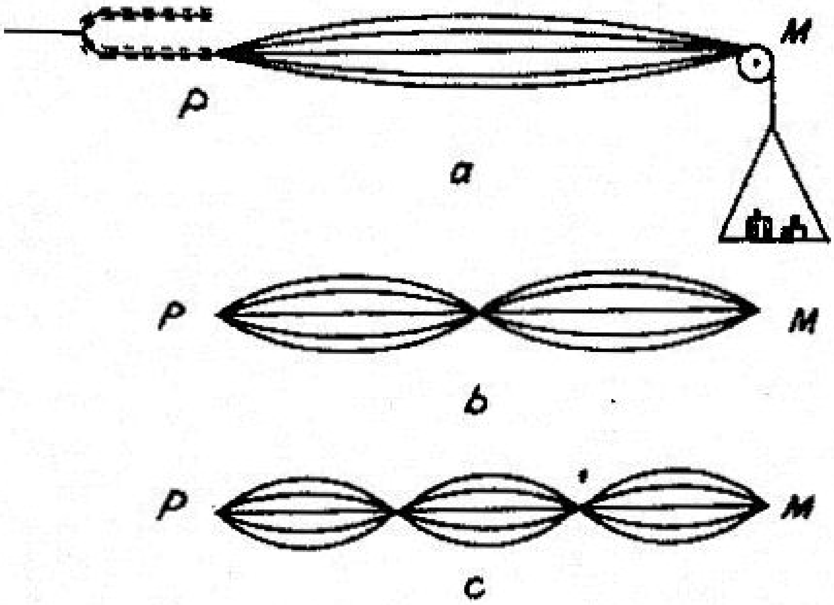
Những điểm có biên độ dao động cực tiểu (hoặc bằng không) ứng với hiệu đường đi từ hai nguồn đến đó bằng một số lẻ nửa bước sóng. Những vân cực tiểu này cũng là một họ các đường hypebol có các tiêu điểm là P_1 và P_2, nằm xen kẽ với các vân cực đại (những đường chấm - chấm trên hình 8.3).

Bài 9

SÓNG DỪNG

I - THÍ NGHIỆM VỀ SÓNG DỪNG

Buộc một sợi dây vào một đầu P của một âm thoa. Đầu dây kia vắt qua một ròng rọc và được kéo căng nhờ một số quả nặng



Hình 9.1

(H. 9.1a). Kích thích cho âm thoa dao động và quan sát sợi dây khi ta thay đổi khối lượng các quả nặng. Đến một mức độ nào đó thì dao động của sợi dây PM sẽ có dạng như hình 9.1a : ở hai đầu P và M hầu như không dao động còn phần giữa dao động rất mạnh, tạo ra một cái "múi". Tiếp tục thay đổi sức căng của sợi dây, sẽ đến lúc ta thấy trên dây xuất hiện hai "múi" (H. 9.1b), rồi ba "múi" (H. 9.1c) v.v... Những lúc đó trên dây đã hình thành *sóng dừng*. Những điểm trên dây đứng yên, không dao động, gọi là *những nút của sóng dừng*. Những điểm dao động với biên độ cực đại gọi là *những bụng của sóng dừng*.

II – ĐỊNH NGHĨA

Sóng có các nút và các bụng cố định trong không gian gọi là sóng dừng.

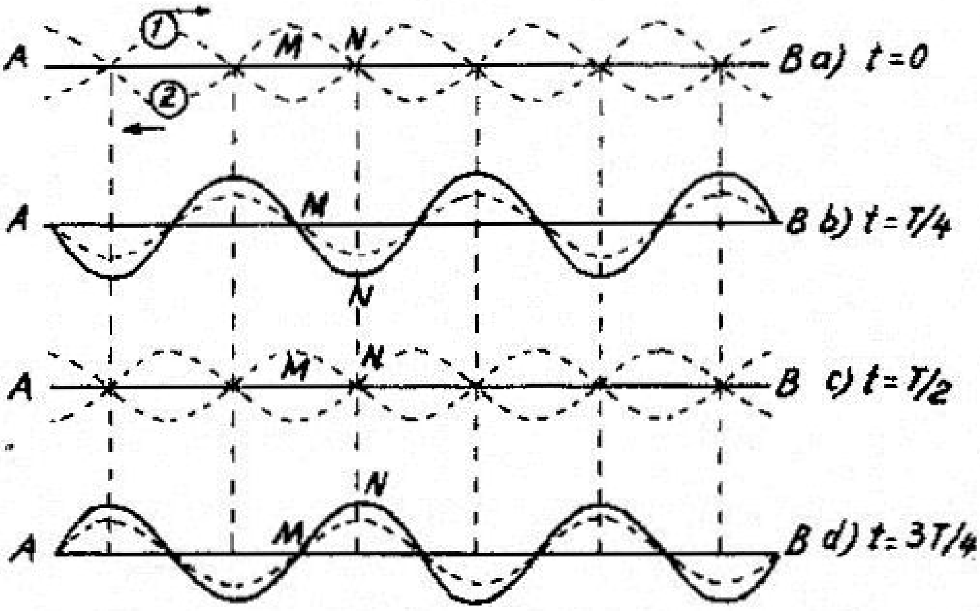
III – GIẢI THÍCH HIỆN TƯỢNG – ĐIỀU KIỆN ĐỂ CÓ SÓNG DỪNG

1. Giải thích

Dao động truyền trên dây từ P đến M dưới dạng một sóng ngang. Đầu M coi như được giữ cố định, không dao động. Sóng truyền tới M sẽ bị phản xạ và truyền ngược trở lại về P. Sóng tới và sóng phản xạ thỏa mãn điều kiện sóng kết hợp. Điểm M không dao động có nghĩa là sóng phản xạ và sóng tới ngược pha với nhau ở đó. Kết quả là trên dây có sự giao thoa của hai sóng kết hợp truyền ngược chiều nhau. Chúng có cùng tần số là tần số của âm thoa và luôn luôn ngược pha với nhau tại M.

Điểm P dao động cùng với đầu âm thoa với biên độ rất nhỏ nên nút sóng ở đầu P nằm rất gần P.

Để hiểu chi tiết, ta hãy xét hai sóng kết hợp truyền ngược chiều nhau trên cùng một đường AB (H. 9.2)



Hình 9.2

Sóng 1 truyền từ trái sang phải và sóng 2 truyền từ phải sang trái. Giả sử lúc t = 0, các sóng 1 và 2 có dạng vẽ bằng các đường chấm chấm trên hình 9.2a. Lúc đó tại mọi điểm trên AB hai sóng đều ngược pha với nhau. Sóng tổng hợp có dạng đường thẳng AB. Li độ dao động của tất cả các điểm trên AB đều bằng 0.

Tại thời điểm $t = \frac{T}{4}$, mỗi sóng đã truyền đi được một đoạn đường bằng $\lambda/4$. Lúc đó mọi điểm trên AB đều dao động cùng pha với nhau và sóng tổng hợp có dạng vẽ bằng đường liền nét đậm trên hình 9.2b.

Tương tự, tại các thời điểm $t = \frac{T}{2}$ và $t = \frac{3T}{4}$, sóng tổng hợp có dạng vẽ bằng các đường liền nét đậm trên các hình 9c và 9d.

Kết quả, ta thấy : *hai điểm A và B luôn luôn đứng yên, không dao động. Những điểm trên AB, nằm cách A và B những khoảng bằng một số nguyên lần nửa bước sóng cũng luôn luôn đứng yên, không dao động. Chúng là các nút của sóng dừng. Các điểm trên AB nằm cách A và B những khoảng bằng một số lẻ* $\frac{1}{4}$ *bước sóng* $\left(\frac{\lambda}{4}\right)$ *sẽ dao động với biên độ lớn nhất. Đó là những bụng của sóng dừng. Vị trí của các nút và các bụng là cố định. Khoảng cách giữa hai nút hoặc hai bụng cạnh nhau* đều bằng nửa bước sóng $\left(\frac{\lambda}{2}\right)$.

2. Điều kiện để có sóng dừng

Thực ra ta không thể đồng nhất một cách đơn giản hai sóng 1 và 2 trên đường AB với sóng tới và sóng phản xạ trên dây PM được. Vì nếu không ta sẽ không hiểu được tại sao lúc $t = \frac{T}{4}$ hai sóng lại đồng pha với nhau ở B.

Để tìm được điều kiện có sóng dừng, ta phải coi P và M là hai nguồn phát sóng và tìm biểu thức của sóng tổng hợp do hai sóng gây ra tại một điểm x nào đó trên PM.

Dao động của nguồn P

$$y_P = a\sin\omega t$$

Dao động do P gây ra ở M

$$y_{PM} = A\sin\omega\left(t - \frac{l}{v}\right)$$

với l = PM và v là vận tốc truyền sóng.

Nguồn M phát ra sóng phản xạ luôn luôn ngược pha với sóng tới tại M. Do đó, dao động của nguồn M sẽ là

$$y_M = -y_{PM} = -A\sin\omega\left(t - \frac{l}{v}\right)$$

Dao động do hai nguồn P và M gây ra tại một điểm trên AB, cách A khoảng x và M khoảng $(l - x)$

$$y_{Px} = A\sin\omega\left(t - \frac{x}{v}\right)$$

$$y_{Mx} = -A\sin\omega\left(t - \frac{l}{v} - \frac{l-x}{v}\right)$$

Dao động tổng hợp tại điểm đó là :

$$y_x = y_{Px} + y_{Mx}$$

$$y_x = 2A\sin\omega\left(\frac{l-x}{v}\right)\cos\omega\left(t - \frac{l}{v}\right)$$

hay

$$y_x = 2A\sin 2\pi\frac{l-x}{\lambda}.\cos 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{l}{\lambda}\right)$$

Dao động tổng hợp là dao động điều hòa có tần số ω (hay chu kì T) và có biên độ là

$$A_x = 2A\sin 2\pi\frac{l-x}{\lambda} \text{ với } 0 \leqslant x \leqslant l.$$

Với $x = l$ thì $A_x = 0$: điểm M luôn luôn đứng yên, không dao động.

Muốn cho điểm P luôn đứng yên thì phải có $A_x = 0$ khi $x = 0$ tức là

$$\frac{2\pi l}{\lambda} = k\pi$$

hay $l = k\frac{\lambda}{2}$ $(k = 1, 2, 3...)$

Vậy : *muốn có sóng dừng với hai điểm nút ở hai đầu dây PM thì chiều dài l của dây phải bằng một số nguyên lần nửa bước sóng.*

Những điểm nút ứng với các vị trí có :

$2p\frac{l-x}{\lambda} = k'\pi$ $(k' = 0, 1, 2... k - 1)$

$$x = l - k'\frac{\lambda}{2} = (k - k')\frac{\lambda}{2}$$

Những điểm này nằm cách P những khoảng bằng một số nguyên lần nửa bước sóng.

Những điểm bụng ứng với $A_x = \pm 2A$

$$2\pi \frac{l - x}{\lambda} = (2k'' + 1)\frac{\pi}{2}$$

$$x = [2(k - k'') + 1]\frac{\lambda}{4}\ (k'' = 0, 1, 2 \ldots k - 1)$$

những điểm này nằm cách P những khoảng bằng một số lẻ lần $\lambda/4$.

Điểm khác biệt quan trọng giữa sóng chạy và sóng dừng là ở chỗ : trong sóng chạy các pha dao động lan truyền theo phương truyền sóng, còn trong sóng dừng, không có sự lan truyền của pha dao động. Các điểm nằm giữa hai nút cạnh nhau luôn luôn dao động cùng pha với nhau ; Chỉ có biên độ dao động là khác nhau. Khi chuyển qua một nút bên cạnh thì biên độ đổi dấu : điều đó ứng với dao động ngược pha.

Việc thay đổi sức căng T của dây trong thí nghiệm ở hình 8 ứng với việc làm thay đổi vận tốc truyền sóng v trên dây, tức là thay đổi bước sóng λ.

Trên đây là điều kiện để có sóng dừng với hai nút ở hai đầu. Đối với các sóng dừng có hai bụng ở hai đầu cũng có điều kiện như vậy. *Còn đối với các sóng dừng có một nút ở đầu này và một bụng ở đầu kia thì phải có điều kiện là : chiều dài của dây bằng một số lẻ lần $\lambda/4$:*

$$l = (2k + 1)\frac{\lambda}{4}$$

Đối với các sóng dọc, tuy hình ảnh các sóng dừng có khác các sóng ngang ; nó vẫn gồm có các nút (nơi không dao động) và các bụng (nơi bị nén và dãn mạnh nhất). Khoảng cách giữa hai nút và hai bụng cạnh nhau cũng bằng $\lambda/2$.

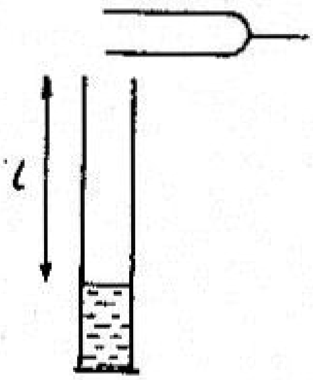
Trên các dây đàn có các sóng dừng thuộc loại sóng ngang. Trong các cột khí của sáo và kèn có các sóng dừng thuộc loại sóng dọc.

IV - XÁC ĐỊNH VẬN TỐC TRUYỀN SÓNG BẰNG HIỆN TƯỢNG SÓNG DỪNG

Hiện tượng sóng dừng cho phép ta quan sát và đo được bước sóng λ một cách chính xác. Đối với sóng âm và nhiều loại sóng khác, việc đo tần số f cũng đơn giản. Giữa vận tốc truyền sóng v, tần số sóng f và bước sóng λ có hệ thức

$$v = \lambda f$$

Vì vậy, hiện tượng sóng dừng cho ta một phương pháp đơn giản để xác định vận tốc truyền sóng v bằng cách đo λ và f.



Hình 9.3

Thí dụ : đo vận tốc truyền sóng âm trong không khí. Dùng một âm thoa có tần số f đã biết để kích thích dao động của một cột không khí trong một bình thủy tinh (H.9.3). Thay đổi độ cao của cột không khí trong bình bằng cách đổ dần nước vào bình. Khi nào ta thấy âm mà cột không khí phát ra nghe to nhất thì lúc đó có cộng hưởng âm. Lúc đó trong cột không khí hình thành một sóng dừng có 1 bụng ở miệng bình thủy tinh và một nút nằm ở mặt nước. Chiều cao của cột không khí trong bình bằng một số lẻ lần $\lambda/4$.

$$l = (2k + 1)\frac{\lambda}{4} \; (k = 0, 1, 2, 3...)$$

Tiếp tục đổ thêm dần nước vào bình cho đến khi lại có cộng hưởng. Chiều cao của cột không khí lúc đó phải là :

$$l' = (2k - 1)\frac{\lambda}{4}$$

Hiệu giữa hai chiều cao là :

$$l - l' = \frac{\lambda}{2}$$

Biết l và l', suy ra λ. Biết λ và f, suy ra v.

Bài 10

SÓNG ÂM

I – SÓNG ÂM – DAO ĐỘNG ÂM – VẬT PHÁT DAO ĐỘNG ÂM

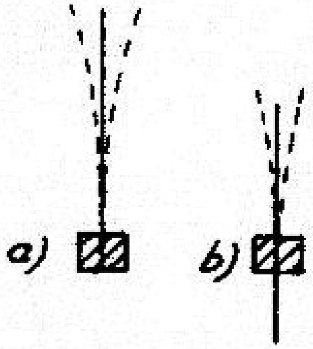
1. *Sóng âm, theo nghĩa rộng, là các sóng dọc cơ học truyền trong các môi trường khí, lỏng hoặc rắn.*

Sóng âm nghe thấy được có tần số nằm trong khoảng từ 16 Hz đến 20000 Hz

Sóng âm có tần số nhỏ hơn 16 Hz gọi là các *sóng hạ âm*. Sóng âm có tần số lớn hơn 20000 Hz gọi là các *sóng siêu âm*. Tai ta không nghe được các hạ âm và siêu âm.

2. Dao động âm là các dao động cơ học của các vật rắn, lỏng, khí v.v... có tần số nằm trong khoảng nói trên. Các vật có dao động âm, có khả năng tạo ra sóng âm trong môi trường bao quanh gọi là các vật phát dao động âm.

3. Cơ chế phát âm và truyền âm của một lá thép trong không khí



Hình 10.1

Lấy một lá thép mỏng, giữ cố định một đầu, còn đầu kia để cho tự do dao động (H.10.1). Khi cho lá thép dao động thì nó có thể phát ra âm, lá thép dao động là một vật phát dao động âm. Lá thép càng ngắn thì tần số dao động của nó càng lớn. Khi tần số đó nằm trong khoảng từ 16Hz đến 20000 Hz thì ra sẽ nghe thấy âm do lá thép phát ra. Khi phần trên của lá thép cong về một phía nào đó nó làm cho lớp không khí ở liền trước nó bị nén lại và lớp không khí ở liền sau nó giãn ra. Do đó khi lá thép dao động thì nó làm cho các lớp không khí nằm sát hai bên lá đó bị nén và giãn liên tục. Nhờ sự truyền áp suất của không khí mà sự nén, dãn này được lan truyền ra xa dần, tạo thành một sóng dọc trong không khí. Sóng này có tần số đúng bằng tần số dao động của lá thép. Khi sóng truyền đến tai ta thì nó làm cho áp suất không khí tác dụng lên màng nhĩ dao động với cùng tần số đó. Màng nhĩ bị dao động và tạo ra cảm giác âm.

II - MÔI TRƯỜNG TRUYỀN ÂM - VẬN TỐC ÂM

1. *Môi trường truyền âm có thể là môi trường khí, môi trường lỏng hoặc môi trường rắn. Sóng âm là các sóng dọc truyền trong các môi trường đó. Thí dụ :* nếu áp tai vào đường ray để nghe, ta có thể phát hiện được tiếng động tại 1 điểm ở rất xa trên một đường tàu. Lúc đó sóng âm truyền từ đoàn tàu đến tai ta dọc theo đường ray ; trong khi đó, sóng âm phát ra từ đoàn tàu trong không khí lại không đi xa được vì bị tắt dần và bị cản bởi các vật cản.

2. *Vận tốc truyền của sóng âm phụ thuộc vào tính đàn hồi và mật độ của môi trường.*

Nói chung, vận tốc âm trong chất rắn lớn hơn trong chất lỏng, và trong chất lỏng lớn hơn trong chất khí. Vận tốc âm cũng thay đổi theo nhiệt độ.

Những vật liệu như bông, nhung, tấm xốp v.v... truyền âm kém vì tính đàn hồi của chúng kém. Chúng được dùng để làm các *vật liệu cách âm.*

Sóng âm không truyền được trong chân không.

III - CÁC ĐẶC TRƯNG VẬT LÍ CỦA ÂM

1. Tần số âm. Dao động âm có tần số nằm trong khoảng từ 16 Hz đến 20000 Hz

2. Vận tốc truyền âm và bước sóng của âm

Vận tốc truyền âm vào khoảng vài trăm m/s trong các chất khí đến vài nghìn m/s trong các chất rắn.

Bước sóng âm có liên hệ với vận tốc âm và tần số âm bằng hệ thức

$$\lambda = vT = \frac{v}{f}$$

3. Năng lượng âm - Cường độ âm - Mức cường độ âm

+ Cũng như các sóng cơ học khác, sóng âm mang năng lượng. *Năng lượng âm tỉ lệ với bình phương của biên độ dao động âm.* Năng lượng đó được truyền đi từ nguồn đến tai ta.

+ *Cường độ âm tại một điểm là lượng năng lượng được sóng âm truyền trong một đơn vị thời gian qua một đơn vị diện tích, đặt tại điểm đó, vuông góc với phương truyền âm. Đơn vị cường độ âm là oat trên mét vuông* W/m^2)

+ Mức cường độ âm là đại lượng vật lí được định nghĩa như sau : nếu gọi I là cường độ của âm tại điểm mà ta xét và $I_o = 10^{-12}$ W/m^2 là *cường độ chuẩn* thì mức cường độ của âm đó là :

$$L = \lg \frac{I}{I_o}$$

Mức cường độ L của một âm là đại lượng đo bằng loga thập phân của tỉ số I/I_o.

Đơn vị mức cường độ âm là ben (B)

Âm có các mức cường độ 1B, 2B, 3B v.v... sẽ có cường độ I lớn gấp 10, 10^2, 10^3 cường độ chuẩn I_o ; *Cường độ chuẩn* I_o *là cường độ của âm có tần số 1000 Hz* (tần số chuẩn) *ở ngưỡng nghe*

IV - NHỮNG ĐẶC TRƯNG SINH LÍ CỦA ÂM VÀ SỰ PHỤ THUỘC CỦA CHÚNG VÀO NHỮNG ĐẶC TRƯNG VẬT LÍ CỦA ÂM

1. *Độ cao của âm là một đặc trưng sinh lí của âm, phụ thuộc vào tần số của âm.*

Âm có tần số càng lớn thì càng cao. Âm có tần số càng nhỏ thì càng thấp (càng trầm).

2. *Âm sắc là đặc trưng sinh lí của âm phụ thuộc vào tần số âm, biên độ sóng âm và các thành phần cấu tạo của âm.*

Sóng âm do một nhạc cụ phát ra là sóng tổng hợp của nhiều sóng âm được phát ra cùng một lúc. Các sóng này có các tần số là f, 2f, 3f, 4f v.v... và có các biên độ là A_1, A_2, A_3, A_4... rất khác nhau.

Âm có tần số f gọi là họa âm cơ bản ; các âm có tần số 2f, 3f, 4f... gọi là các họa âm thứ hai, thứ ba, thứ tư v.v... Họa âm nào có biên độ mạnh nhất sẽ quyết định độ cao của âm mà nhạc cụ phát ra.

Dao động âm tổng hợp vẫn là một dao động tuần hoàn nhưng không điều hòa. Đường biểu diễn của dao động âm tổng hợp không phải là một đường hình sin mà là một đường có tính chất tuần hoàn, nhưng có hình dạng phức tạp. Mỗi dao động tổng hợp đó ứng với một âm sắc nhất định. Chính vì vậy mà hai nhạc cụ khác nhau (đàn và kèn chẳng hạn) có thể phát ra hai âm có cùng độ cao (cùng tần số) nhưng có âm sắc hoàn toàn khác nhau.

Tóm lại *âm sắc phụ thuộc vào số các họa âm và cường độ của các họa âm*. Những âm mà dao động của chúng có tính chất tuần hoàn như nói ở trên gọi là các *nhạc âm vì chúng do các nhạc cụ phát ra. Ngoài nhạc âm còn có tạp âm* hay *tiếng động* là những âm mà dao động của chúng không có tính chất tuần hoàn ; như tiếng đập, gõ, tiếng sấm nổ v.v...

3. *Độ to của âm. Độ to của âm là một đặc trưng sinh lí của âm phụ thuộc mức cường độ âm.*

Mức cường độ nhỏ nhất của một âm để có thể gây ra cảm giác âm gọi là *ngưỡng nghe* của âm đó. Ngưỡng nghe phụ thuộc tần số của âm.

Âm có mức cường độ âm càng cao thì nghe càng to. Tuy nhiên độ to của âm còn phụ thuộc tần số âm. Hai âm có cùng mức cường độ âm, nhưng có tần số khác nhau sẽ gây ra những cảm giác âm to, nhỏ khác nhau.

Mức cường độ của một âm lớn đến mức nào đó sẽ gây ra cảm giác đau trong tai : đó là *ngưỡng đau*. Độ to của một âm nằm trong phạm vi từ ngưỡng nghe đến ngưỡng đau.

NGUỒN ÂM – HỘP CỘNG HƯỞNG

1. *Nguồn âm là bất kì một vật dao động nào phát ra sóng âm :* lá thép, lưỡi gà, dây đàn, dây thanh đới, mặt đàn, mặt trống, cột không khí trong ống sáo v.v...

Nguồn nhạc âm được phân ra làm hai loại : dây đàn và cột không khí trong kèn, sáo.

2. Sóng âm do các nguồn âm trực tiếp phát ra thường có cường độ rất nhỏ. Muốn có âm to hơn, phải dùng các nguồn âm đó kích thích cho một khối không khí chứa trong một vật rỗng dao động cộng hưởng để nó phát ra âm có cường độ lớn. Vật rỗng này gọi là *hộp cộng hưởng âm.*

Khi sóng do nguồn phát ra truyền vào trong hộp cộng hưởng thì trong khối không khí của hộp cộng hưởng sẽ hình thành một sóng dừng. Ở miệng của hộp cộng hưởng có một bụng sóng. Áp suất không khí ở đó sẽ dao động rất mạnh. Dao động này truyền ra môi trường chung quanh tạo ra một sóng âm có cường độ lớn.

Kích thước của hộp cộng hưởng phải phù hợp với âm cần khuếch đại mới có thể có sóng dừng hình thành trong đó.

Ở các đàn thì hộp cộng hưởng là bầu đàn ; ở kèn, sáo thì hộp cộng hưởng là ống rỗng thân kèn, sáo ; ở miệng người thì hộp cộng hưởng là khoang miệng.

3. Vai trò của dây đàn và bầu đàn trong chiếc đàn ghi ta

Trong đàn ghi ta, các dây đàn đóng vai trò vật phát dao động âm. Dao động này thông qua giá đỡ dây đàn gắn trên mặt bầu đàn sẽ làm cho mặt bầu đàn dao động.

Bầu đàn đóng vai trò của hộp cộng hưởng. Khi dây đàn và mặt bầu đàn dao động thì chúng sẽ kích thích cho khối không khí trong bầu đàn dao động, tạo thành sóng dừng trong đó. Các sóng dừng này có một bụng ở lỗ hở, miệng của bầu đàn, và một nút ở thành bên của bầu đàn. Vì khoảng cách từ miệng lỗ hở đến thành bên thay đổi từ chỗ này sang chỗ khác nên chắc chắn sẽ có chỗ thỏa mãn điều kiện hình thành sóng dừng của âm cần khuếch đại. Vì vậy bầu đàn ghi ta là hộp cộng hưởng với mọi âm phát ra từ các dây đàn, từ thấp đến cao.

Âm phát ra từ miệng lỗ hở của bầu đàn có cường độ đủ lớn.

DAO ĐỘNG ĐIỆN. DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

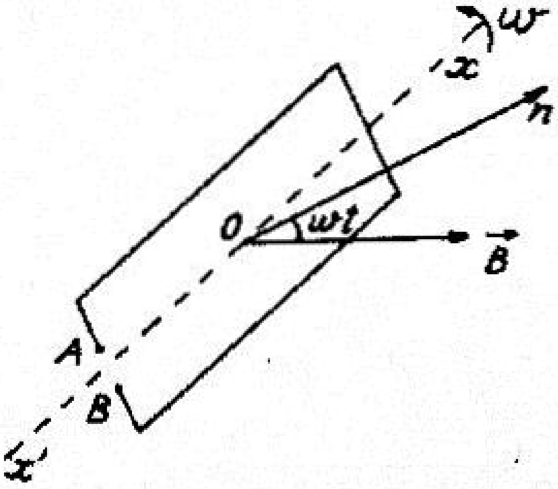
Bài 11

DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

I – NGUYÊN TẮC TẠO RA DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU. HIỆU ĐIỆN THẾ XOAY CHIỀU VÀ CƯỜNG ĐỘ DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

1. Nguyên tắc tạo ra dòng điện xoay chiều

a) Dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ : cho một khung dây dẫn diện tích S quay đều trong một từ trường đều không đổi $\vec{B}$ xung quanh một trục xx' nằm trong mặt phẳng của khung dây và vuông góc với các đường cảm ứng từ (H.11.1) ; khi ấy trong khung dây dẫn sẽ xuất hiện một suất điện động cảm ứng biến thiên điều hòa. Nối hai đầu A và B của khung dây với mạch ngoài thì trong mạch sẽ xuất hiện một dòng điện biến thiên điều hòa (dòng điện xoay chiều).



Hình 11.1

b) Giả sử ở thời điểm ban đầu (t = 0) pháp tuyến On của khung dây trùng với phương của từ trường $\vec{B}$. Đến thời điểm t bất kì, pháp tuyến On của khung quay được một góc bằng $\alpha = \omega t$ (ω là vận tốc góc của khung) và từ thông qua khung dây là $\Phi = BS\cos\alpha = BS\cos\omega t$. Vì từ thông Φ qua khung dây biến thiên với thời gian nên trong khung dây xuất hiện một suất điện động cảm ứng. Độ lớn của suất điện động cảm ứng có trị số bằng tốc độ biến thiên $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ của từ thông Φ, tốc độ biến thiên này có giá trị tức thời bằng đạo hàm Φ_t của Φ theo thời gian, do đó $e = -\Phi_t$ (dấu "–" được đưa vào, vì theo định luật Lenxơ, suất điện động có dấu sao cho dòng điện cảm ứng chống lại sự biến thiên của từ thông).

Theo quy tắc tính đạo hàm của hàm số hợp.

$$\Phi'_t = BS[\cos\omega t]'_{\omega t}.(\omega t)'_t = -BS\omega\sin\omega t$$

Do đó $e = -\Phi'_t = BS\omega\sin\omega t$

Đặt $BS\omega = E_o$ ta được $e = E_o\sin\omega t$.

Nếu khung dây có N vòng dây thì $e = -N\Phi'_t$ và do đó $E_o = NBS\omega$.

Như vậy ta có thể kết luận rằng suất điện động e trong khung dây là suất điện động biến thiên điều hòa với tần số góc ω.

2. Hiệu điện thế xoay chiều và cường độ dòng điện xoay chiều

– Nếu ta nối hai đầu A và B của khung dây với một mạch ngoài (mạch tiêu thụ điện) thì trong mạch sẽ có một dòng điện ; khung dây đóng vai trò một nguồn điện và suất điện động cảm ứng e là suất điện động của nguồn điện đó. Vì suất điện động e của nguồn biến thiên điều hòa với tần số góc ω nên hiệu điện thế mà nó gây ra ở mạch ngoài cũng biến thiên điều hòa với cùng tần số góc ω và có dạng $u = U_o\sin\omega t$. Đó là hiệu điện thế xoay chiều với u là hiệu điện thế tức thời còn U_o là hiệu điện thế cực đại.

– Trong trường hợp tổng quát mạch điện (bóng đèn, quạt điện, động cơ điện...) có thể có cả điện trở thuần, cuộn cảm, tụ điện... Khi đó hiệu điện thế biến thiên điều hòa u nói trên sẽ tạo ra trong mạch một dòng điện (dao động điện cưỡng bức) có cường độ cùng biến thiên điều hòa với cùng tần số góc ω và có dạng $i = I_o\sin(\omega t + \varphi)$. Đó là dòng điện xoay chiều, với i là cường độ tức thời, còn I_o là cường độ cực đại, φ là độ lệch pha giữa cường độ dòng điện và hiệu điện thế. Giá trị của φ phụ thuộc vào tính chất của mạch điện.

Vì điện trường truyền trong các dây dẫn với vận tốc rất lớn (cỡ 3.10^8 m/s), nên ở mỗi thời điểm nhất định điện trường ở mọi điểm trên mạch điện không phân nhánh là như nhau, do đó cường độ dòng điện ở mọi điểm trên mạch không phân nhánh là như nhau.

Dòng điện xoay chiều có chu kì $T = \frac{2\pi}{\omega}$ và có tần số $f = \frac{1}{T}$. Dòng điện xoay chiều thường dùng có tần số f = 50 Hz.

Chú ý – Với đoạn mạch chỉ có điện trở thuần R thì $\varphi = 0$ (Xem bài 12). Với đoạn mạch chỉ có tụ điện C : $\varphi = \frac{\pi}{2}$. Với đoạn mạch chỉ có cuộn cảm L : $\varphi = -\frac{\pi}{2}$. Còn với đoạn mạch có RLC mắc nối tiếp thì φ được xác định bởi $\mathrm{tg}\varphi = \dfrac{\frac{1}{C\omega} - L\omega}{R}$.

II – CƯỜNG ĐỘ HIỆU DỤNG VÀ HIỆU ĐIỆN THẾ HIỆU DỤNG

a) Với dòng điện xoay chiều ta khó xác định được cường độ tức thời của nó (vì nó biến đổi quá nhanh), cũng như không thể lấy giá trị trung bình của cường độ (vì trong một chu kì giá trị đó bằng không). Ta cũng không thể dùng ampe kế hay vôn kế khung quay để đo cường độ dòng điện và hiệu điện thế xoay chiều (vì mỗi khi dòng điện đổi chiều thì đáng lẽ chiều quay của kim cũng thay đổi theo, nhưng do quán tính lớn của kim và khung dây nên kim không theo kịp sự đổi chiều nhanh của dòng điện và vì vậy kim vẫn đứng yên dù có dòng điện xoay chiều chạy qua).

– Hơn nữa khi sử dụng dòng điện xoay chiều, ta cần quan tâm tới không phải là tác dụng tức thời của nó ở từng thời điểm mà là tác dụng của nó trong một thời gian dài. Vì vậy ta không cần biết giá trị tức thời của cường độ, mà cần biết giá trị của cường độ dòng điện gây ra một tác dụng trong một thời gian dài. Ta biết rằng tác dụng nhiệt của dòng điện không phụ thuộc vào chiều dòng điện ; vì nó tỉ lệ với bình phương của cường độ dòng điện ; do đó có thể so sánh tác dụng nhiệt của dòng điện xoay chiều với tác dụng nhiệt của một dòng điện không đổi tương ứng.

Đó là lí do để đưa ra khái niệm cường độ hiệu dụng của dòng điện xoay chiều.

b) – Cho một dòng điện xoay chiều $i = I_o \sin \omega t$ chạy qua một điện trở thuần R trong một thời gian t khá dài. Lí thuyết và thực nghiệm chứng tỏ nhiệt lượng tỏa ra trên điện trở bằng $Q = R\frac{I_o^2}{2}t$ (1)

Thực vậy, phép tính chứng tỏ (xem SGK Giải tích 12 của GS Ngô Thúc Lanh và của GS Phan Đức Chính) nhiệt lượng Q tỏa ra trên điện trở R trong một chu kì T bằng $Q = R\frac{I_o^2}{2}T$. Vì vậy trong một thời gian dài t = nT (với n lớn) nhiệt lượng tỏa ra trên điện trở R là $Q = nq = R\frac{I_o^2}{2}nT = \frac{RI_o^2}{2}t$

Bây giờ ta cho một dòng điện không đổi có cường độ I chạy qua cùng điện trở thuần R đó sao cho trong cùng khoảng thời gian t như trên nó cũng làm tỏa ra nhiệt lượng Q đúng như dòng điện xoay chiều nói trên, nghĩa là $Q = RI^2t$ (2). Đối chiếu hai hệ thức (1) và (2) ta suy ra $I^2 = \frac{I_o^2}{2}$ hay $I = \frac{I_o}{\sqrt{2}}$ (3). Như vậy có nghĩa là xét về tác dụng nhiệt trong một thời gian dài thì dòng điện xoay chiều $i = I_o \sin\omega t$ tương đương với một dòng điện không đổi có cường độ $I = \frac{I_o}{\sqrt{2}}$. Cường độ dòng điện I xác định bằng công thức (3) được gọi là cường độ hiệu dụng của dòng điện xoay chiều.

– *Định nghĩa :* Cường độ hiệu dụng của dòng điện xoay chiều bằng cường độ của một dòng điện không đổi mà nếu chúng lần lượt đi qua cùng một điện trở thuần trong thời gian như nhau thì tỏa ra nhiệt lượng bằng nhau.

Cường độ hiệu dụng của dòng điện xoay chiều có độ lớn bằng cường độ cực đại chia cho $\sqrt{2}$.

c) Tương tự như vậy người ta cũng định nghĩa ***suất điện động hiệu dụng E*** của nguồn điện xoay chiều $E = \frac{E_o}{\sqrt{2}}$ và hiệu điện thế hiệu dụng ở hai đầu của một đoạn mạch điện xoay chiều $U = \frac{U_o}{\sqrt{2}}$

d) Để đo cường độ dòng điện và hiệu điện thế ở mạch điện xoay chiều người ta phải dùng các máy đo điện dựa trên những tác dụng của dòng điện mà độ lớn tỉ lệ với bình phương cường độ dòng điện (như tác dụng nhiệt, tương tác giữa hai dòng điện bằng nhau), đó là các ampe kế và vôn kế dùng cho dòng điện xoay chiều (thường là ampe kế nhiệt và vôn kế nhiệt). Khi đó giá trị đo được là các giá trị hiệu dụng.

III - MÁY PHÁT ĐIỆN XOAY CHIỀU (MỘT PHA)

Nguồn điện xoay chiều chủ yếu được sử dụng hiện nay là các máy phát điện kiểu cảm ứng, chúng biến đổi cơ năng thành điện năng và tạo ra một dòng điện có cường độ lớn, ổn định trong một thời gian dài.

1. Nguyên tắc hoạt động

Máy phát điện xoay chiều kiểu cảm ứng hoạt động dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ : khi từ thông qua một khung dây dẫn biến thiên điều hòa thì làm phát sinh trong khung dây một suất điện động cảm ứng cũng biến thiên điều hòa, suất điện động này tạo ra ở mạch ngoài (mạch tiêu thụ) một dòng điện xoay chiều.

Biểu thức của suất điện động này được tính theo công thức $e = -\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\Phi'_t$ với $\Phi = BS\cos\omega t$. Từ đó $e = BS\omega\sin\omega t =$

$= E_o\sin\omega t$ với $E_o = BS\omega$ là giá trị lớn nhất của suất điện động. Nếu khung dây có N vòng dây thì $E_o = NBS\omega$.

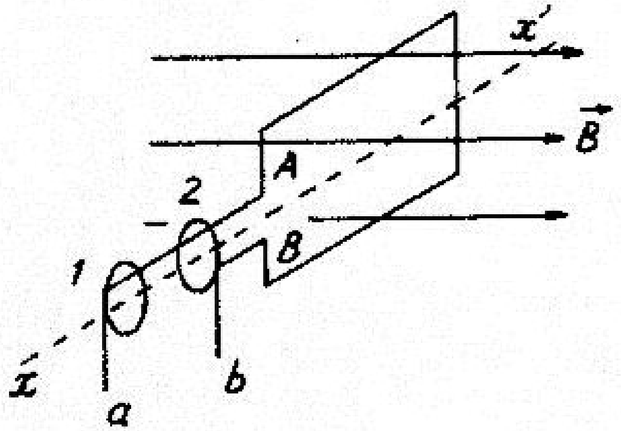
Trong kĩ thuật để có suất điện động lớn người ta dùng nhiều cuộn dây mắc nối tiếp, mỗi cuộn có nhiều vòng dây và dùng nhiều nam châm điện (để có từ trường mạnh) tạo thành nhiều cặp cực Bắc-Nam khác nhau.

2. Cấu tạo

a) Theo nguyên tắc nói trên một máy phát điện xoay chiều cấu tạo đơn giản gồm các bộ phận chính :

+ Bộ phận tạo ra từ trường, còn gọi là *phần cảm*, là các nam châm (thường là nam châm điện) ;

+ Bộ phận tạo ra dòng điện, còn gọi là *phần ứng*, là khung dây hay các cuộn dây ;



Hình 11.2

+ Bộ phận đưa dòng điện từ khung dây của máy ra ngoài. Để nối khung dây với mạch ngoài người ta dùng một *bộ góp*. Đó là hệ thống vành khuyên và chổi quét (H.11.2). Hai vành khuyên kim loại đặt đồng trục với khung dây và cùng quay với khung dây, vành khuyên 1 nối với đầu dây A của khung, còn vành khuyên 2 nối với đầu B ; hai chổi quét a và b cố định tì lên hai vành khuyên và được nối với mạch ngoài. Khi khung dây quay hai vành khuyên trượt trên hai chổi quét, dòng điện từ khung dây truyền qua vành khuyên và chổi quét ra mạch ngoài. Hai chổi đó là hai cực của máy.

b) Trong một máy phát điện bộ phận đứng yên được gọi là *stato*, còn bộ phận chuyển động được gọi là *rôto*

Ở các máy phát nhỏ có cấu tạo đơn giản như trên thì stato là nam châm (thường là nam châm điện, phần cảm), còn rôto là khung dây, thường là các cuộn dây (phần ứng). Các cuộn dây của phần ứng và của nam châm điện thường được quấn trên các lõi làm bằng những lá tôn silic mỏng ghép lại để làm giảm hao tổn về năng lượng do dòng điện Phucô và do từ trễ.

Còn ở các máy phát có công suất lớn thì rôto lại là các nam châm điện có nhiều cặp cực (phần cảm), stato là các cuộn dây gắn vào vỏ máy ; khi đó không cần có bộ góp và tránh được các tia lửa điện có thể phát sinh ở bộ góp. Nếu rôto của máy có p cặp cực quay với tần số góc n vòng/phút thì tần số dòng điện do máy phát ra sẽ bằng $f = \frac{n}{60}p$.

c) Các máy phát điện xoay chiều có cấu tạo như trên được gọi là máy phát điện xoay chiều một pha (hay máy dao điện một pha) và dòng điện xoay chiều do máy phát ra được gọi là dòng điện xoay chiều một pha.

IV – ƯU ĐIỂM CỦA DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

Đối với ứng dụng thực tiễn của các tác dụng của dòng điện (như tác dụng nhiệt trong các dụng cụ tỏa nhiệt (đèn, bếp điện, bàn là...), hay tác dụng cơ trong các động cơ, quạt máy...) thì dòng điện xoay chiều cũng cho ta hiệu quả như dòng điện một chiều. Nhưng trong thực tế dòng điện xoay chiều lại được sử dụng rộng rãi hơn dòng điện một chiều. Sở dĩ như vậy là vì các lí do sau đây :

– Dòng điện xoay chiều dễ sản xuất hơn : máy phát điện xoay chiều có cấu tạo đơn giản ; có thể chế tạo các máy phát điện xoay chiều công suất lớn (trong đó stato là các cuộn dây gắn với vỏ máy). Còn ở máy phát điện một chiều, nhất là ở máy phát có công suất lớn, dễ xảy ra sự cố do xuất hiện tia lửa điện ở chỗ tiếp xúc giữa các vành bán khuyên và chổi quét.

– Nhờ sử dụng máy biến thế, người ta có thể thực hiện việc truyền tải điện năng xoay chiều đi xa với hao phí điện năng rất ít (bằng đường dây cao thế), và ở nơi tiêu thụ, tùy theo nhu cầu có thể sử dụng dòng điện xoay chiều với hiệu điện thế tùy ý (nhờ máy biến thế).

– Trong công nghiệp, thay cho dòng điện xoay chiều một pha người ta dùng dòng điện xoay chiều ba pha, khi đó việc sử dụng lại càng thuận lợi (tiết kiệm dây truyền tải điện và tạo được từ trường quay dùng trong động cơ không đồng bộ ba pha).

– Nhưng nhiều khi, trong công nghiệp và sinh hoạt lại cần phải sử dụng dòng điện một chiều (để mạ điện, đúc điện, tinh chế kim loại, nạp ắc quy ; cung cấp điện cho thiết bị điện tử, cho động cơ điện một chiều). Khi đó ta lại có thể biến đổi dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều nhờ cái chỉnh lưu.

Bài 12

ĐỊNH LUẬT ÔM CHO MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU

I – ĐỊNH LUẬT ÔM ĐỐI VỚI ĐOẠN MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU CHỈ CÓ ĐIỆN TRỞ THUẦN

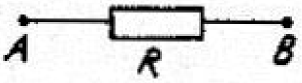
1. Thiết lập quan hệ giữa dòng điện và hiệu điện thế

Xét một đoạn mạch AB chỉ có điện trở thuần R (H.12.1)

a) Nếu đặt vào giữa hai đầu A và B của đoạn mạch một hiệu điện thế không đổi U thì trong đoạn mạch có một dòng điện không đổi I, tính theo định luật Ôm

$$I = \frac{U}{R} \qquad (1)$$

và trong đoạn mạch có hiệu ứng Jun–Lenxơ



Hình 12.1

b) Bây giờ đặt giữa hai đầu A và B một hiệu điện thế xoay chiều có dạng

$$u = U_o \sin\omega t \qquad (2)$$

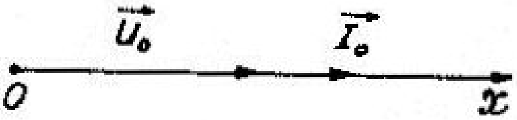
khi đó trong đoạn mạch AB cũng chỉ có hiệu ứng Jun–Lenxơ. Trong một khoảng thời gian rất ngắn ta có thể coi u và i là không đổi và áp dụng định luật Ôm đối với dòng điện không đổi (1), ta có

$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_o}{R}\sin\omega t$$

hay $$i = I_o\sin\omega t \ (3) \quad \text{với } I_o = \frac{U_o}{R} \qquad (4)$$

c) *Phát biểu :* Hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch chỉ có điện trở thuần biến thiên điều hòa cùng tần số góc và cùng pha với cường độ dòng điện.

2. Biểu diễn giản đồ vectơ : hình 12.2 là giản đồ vectơ biểu diễn quan hệ giữa hiệu điện thế u và cường độ dòng điện i. Trục ox gọi là trục dòng điện (có phương và chiều trùng với phương và chiều của vectơ $\overrightarrow{I_o}$). Trong trường hợp này vectơ $\overrightarrow{U_o}$ nằm ngay trên trục dòng điện.



Hình 12.2

3. Định luật Ôm

Chia 2 vế của biểu thức $I_o = \frac{U_o}{R}$ cho $\sqrt{2}$ ta có :

$$I = \frac{U}{R} \qquad (5)$$

trong đó I và U là cường độ hiệu dụng và hiệu điện thế hiệu dụng. Công thức (5) biểu diễn định luật Ôm cho đoạn mạch xoay chiều chỉ có điện trở thuần, nó có dạng giống như định luật Ôm đối với dòng điện không đổi (1)

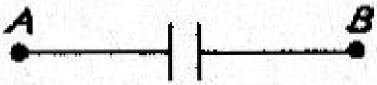
II – ĐỊNH LUẬT ÔM ĐỐI VỚI ĐOẠN MẠCH XOAY CHIỀU CHỈ CÓ TỤ ĐIỆN

1. Quan hệ giữa dòng điện và hiệu điện thế

Xét một đoạn mạch AB chỉ có một tụ điện C (H.12.3)

a) Đặt vào giữa hai đầu A, B của đoạn mạch một hiệu điện thế không đổi. Thí nghiệm chứng tỏ không có dòng điện trong mạch. Nói khác đi, tụ điện không cho dòng điện không đổi "đi qua" nó.

b) Bây giờ đặt vào giữa hai đầu A, B một hiệu điện thế xoay chiều, thì thí nghiệm chứng tỏ trong mạch có dòng điện xoay chiều. Điều đó chứng tỏ tụ điện cho dòng điện xoay chiều "đi qua" nó. Đồng thời nó cũng có tác dụng cản trở dòng điện, tức là nó có một điện trở, gọi là *dung kháng* (để phân biệt với điện trở thuần).



Hình 12.3

c) Giả sử hiệu điện thế xoay chiều đặt vào đoạn mạch có dạng $u = U_o \sin\omega t$ (6).

Điện tích q của tụ điện ở thời điểm t là $q = Cu = CU_o \sin\omega t$. Như vậy điện tích q của tụ điện biến thiên điều hòa với tần số góc bằng ω, nghĩa là luôn luôn có những êlectrôn chạy trong dây dẫn từ một đầu mạch đến một bản của tụ điện, hoặc ngược lại. Nói một cách khác, có một dòng điện biến đổi chạy trong đoạn mạch AB. Nếu xét một khoảng thời gian Δt rất nhỏ, cường độ dòng điện trong thời gian đó $i = \dfrac{\Delta q}{\Delta t}$ sẽ là đạo hàm của q đối với thời gian t, nghĩa là

$$i = q'_t = \omega CU_o \cos\omega t = \omega CU_o \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

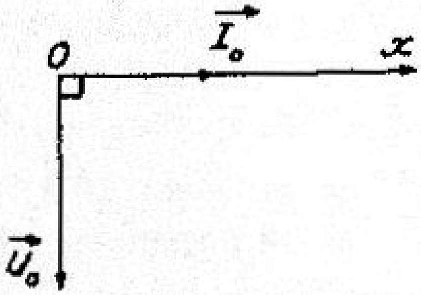
hay $i = I_o \sin\left(\omega t + \dfrac{\pi}{2}\right)$ (7) với $I_o = U_o C\omega$ (8)

d) *Phát biểu :* Dòng điện trong đoạn mạch cũng biến thiên điều hòa cùng tần số như hiệu điện thế, nhưng sớm pha hơn hiệu điện thế $\dfrac{\pi}{2}$.

Nếu dòng điện trên đoạn mạch có dạng $i = I_o \sin\omega t$ thì hiệu điện thế ở hai đầu đoạn mạch sẽ là $u = U_{CO} \sin\left(\omega t - \dfrac{\pi}{2}\right)$ với $U_{CO} = \dfrac{I_o}{C\omega}$. Như vậy, cũng có thể nói : Hiệu điện thế ở hai đầu đoạn mạch chỉ có tụ điện dao động điều hòa cùng tần số như dòng điện, nhưng trễ pha hơn dòng điện $\dfrac{\pi}{2}$.

2. Biểu diễn giản đồ vectơ

Hình 12.4 là giản đồ vectơ biểu diễn quan hệ giữa hiệu điện thế và dòng điện. Trong trường hợp này vectơ $\vec{U}_o$ vuông góc với trục dòng điện và hướng xuống dưới.



Hình 12.4

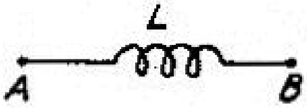
3. Định luật Ôm

Chia hai vế của biểu thức $I_o = U_o C\omega$ cho $\sqrt{2}$ ta được $I = UC\omega$ hay $I = \dfrac{U}{Z_c}$ (9) với $Z_c = \dfrac{1}{C\omega}$ (10) được gọi là dung kháng. Dung kháng phụ thuộc vào tần số góc ω của dòng điện, nó giữ vai trò như điện trở trong định luật Ôm cho dòng điện không đổi. Nếu ω càng lớn thì dung kháng càng nhỏ và I càng lớn tức là dòng điện càng "dễ đi qua" tụ điện ; ngược lại nếu ω càng nhỏ thì dung kháng càng lớn và I càng nhỏ, dòng điện càng khó "đi qua" tụ điện. Đặc biệt khi $\omega = 0$ (tức là trường hợp dòng điện không đổi) thì $I = 0$: dòng điện không đổi không "đi qua" được tụ điện.

III - ĐỊNH LUẬT ÔM ĐỐI VỚI ĐOẠN MẠCH XOAY CHIỀU CHỈ CÓ CUỘN CẢM

1. Quan hệ giữa dòng điện và hiệu điện thế

a) Xét một đoạn mạch AB chỉ có cuộn cảm L có điện trở thuần nhỏ không đáng kể (H.12.5). Thí nghiệm chứng tỏ : cuộn cảm L hầu như không cản trở dòng điện không đổi, nhưng nó lại có tác dụng cản trở dòng điện xoay chiều đi qua nó, và độ tự cảm của cuộn L càng lớn thì nó cản trở dòng điện xoay chiều càng nhiều. Điều đó chứng tỏ : cuộn cảm cũng có một điện trở đối với dòng điện xoay chiều, điện trở này được gọi là *cảm kháng* (để phân biệt với điện trở thuần).



Hình 12.5

b) Giả sử, khi đặt một hiệu điện thế xoay chiều vào hai đầu A, B của cuộn cảm, cường độ dòng điện xoay chiều trong cuộn cảm có dạng $i = I_0 \sin\omega t$ (11). Khi đó trong cuộn cảm xuất hiện một suất điện động tự cảm $e = -L\dfrac{\Delta i}{\Delta t}$ (có dấu "–" được đưa vào, vì theo định luật Lenxơ, suất điện động tự cảm có dấu sao cho dòng điện cảm ứng chống lại sự biến thiên của từ thông). Nếu xét một khoảng thời gian Δt rất nhỏ, $\dfrac{\Delta i}{\Delta t}$ trở thành đạo hàm của i đối với t, do đó $e = -Li'_t = -\omega LI_0 \cos\omega t = -\omega LI_0 \sin\left(\omega t + \dfrac{\pi}{2}\right)$. Tại mọi thời điểm bất kì, áp dụng định luật Ôm cho đoạn mạch chứa nguồn ta có :

$u = (R + r)\,i - e = -e$ (vì ở đây đoạn mạch không có điện trở). Vậy

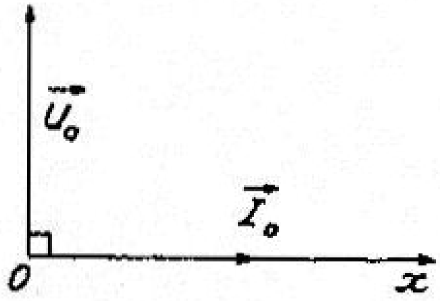
$$u = -e = \omega L I_o \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ hay}$$

$$u = U_{Lo} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \ (12) \text{ với } U_{Lo} = I_o L\omega \qquad (13)$$

c) *Phát biểu :* Hiệu điện thế ở hai đầu đoạn mạch chỉ có cuộn cảm biến thiên điều hòa cùng tần số như dòng điện và sớm pha hơn dòng điện $\frac{\pi}{2}$.

2. Biểu diễn giản đồ vectơ

Hình 12.6 là giản đồ vectơ biểu diễn quan hệ giữa hiệu điện thế và dòng điện. Trong trường hợp này vectơ $\vec{U}_o$ vuông góc với trục dòng điện và hướng lên trên.



Hình 12.6

3. Định luật Ôm

Từ biểu thức $U_{LO} = I_o L\omega$ rút ra $I_o = \frac{U_o}{L\omega}$. Chia hai vế cho $\sqrt{2}$ ta có $I = \frac{U}{Z}$ với $Z_L = L\omega$ là cảm kháng, I và U là cường độ hiệu dụng và hiệu điện thế hiệu dụng. Đó là biểu thức của định luật Ôm cho đoạn mạch chỉ có cuộn cảm.

Cảm kháng $Z_L = L\omega$ phụ thuộc vào tần số góc ω của dòng điện, nó giữ vai trò như điện trở trong định luật Ôm cho dòng điện không đổi. Dòng điện có tần số ω càng lớn thì càng bị cản trở nhiều ; nhưng nếu ω tiến dần đến không thì I tiến dần đến vô cùng, lúc đó xảy ra đoản mạch (nếu điện trở thuần của cuộn cảm bằng không).

IV - ẢNH HƯỞNG CỦA ĐIỆN TRỞ THUẦN R, CỦA CUỘN CẢM L VÀ CỦA TỤ ĐIỆN C TRONG MẠCH ĐIỆN KHÔNG ĐỔI VÀ TRONG MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU

1. Ảnh hưởng của điện trở thuần

a) Đặt vào hai đầu A và B của một điện trở thuần R (H.12.1) một hiệu điện thế không đổi U thì trong đoạn mạch có một dòng điện không đổi I, tính theo định luật Ôm $I = \frac{U}{R}$ (1). Đồng thời trên điện trở thuần R có nhiệt lượng Q tỏa ra, theo định luật Jun - Lenxơ $Q = RI^2t$

b) Nếu đặt giữa hai đầu điện trở thuần R một hiệu điện thế xoay chiều có dạng $u = U_o\sin\omega t$ thì trong đoạn mạch có một dòng điện xoay chiều $i = \frac{u}{R} = \frac{U_o}{R}\sin\omega t = I_o\sin\omega t$ (2) với $I_o = \frac{U_o}{R}$, suy ra $I = \frac{U}{R}$ (3). Đó là biểu thức của định luật Ôm cho đoạn mạch xoay chiều chỉ có R. Ta thấy : dòng điện i cùng pha với hiệu điện thế và định luật Ôm cho mạch điện xoay chiều (3) có dạng giống như định luật Ôm cho mạch điện không đổi, chỉ có khác là ở (3) I và U là cường độ hiệu dụng và hiệu điện thế hiệu dụng. Hơn nữa ở mạch điện xoay chiều cũng có nhiệt lượng tỏa ra trên điện trở thuần R, nhiệt lượng này cũng được tính theo định luật Jun - Lenxơ $Q = RI^2t$, trong đó I là cường độ hiệu dụng.

c) *Giải thích :* Sở dĩ điện trở thuần R cùng gây ảnh hưởng như nhau trong mạch điện không đổi và trong mạch điện xoay chiều (cùng gây cản trở như nhau đối với dòng điện, cùng có hiệu ứng Jun - Lenxơ) là vì có cùng nguyên nhân : đó là sự va chạm của các êlectrôn tự do (trong chuyển đổi có hướng) với các ion dương của mạng tinh thể, sự va chạm này dẫn đến sự cản trở đối với dòng điện và sự tỏa nhiệt ở vật dẫn.

2. Ảnh hưởng của cuộn cảm L

a) Trong đoạn mạch không đổi, cuộn cảm L (có điện trở thuần không đáng kể) chỉ đóng vai trò dây nối có điện trở không đáng kể, nghĩa là cuộn cảm L hầu như không cản trở dòng điện không đổi (với cuộn dây có điện trở thuần thì nó đóng vai trò một điện trở thuần như đã xét ở trên).

b) Trong đoạn mạch xoay chiều cuộn cảm L (có điện trở thuần không đáng kể) có hai ảnh hưởng :

+ Vẫn có tác dụng cản trở dòng điện xoay chiều như một điện trở, gọi là cảm kháng $Z_L = L\omega$.

+ Tạo ra độ lệch pha φ giữa dòng điện i và hiệu điện thế u giữa hai đầu cuộn cảm ; với cuộn cảm có điện trở thuần không đáng kể thì hiệu điện thế u sớm pha hơn dòng điện i một góc bằng $\frac{\pi}{2}$.

c) Giải thích : Trình bày như đoạn III, b, c.

3. Ảnh hưởng của tụ điện C

a) Trong mạch điện không đổi, tụ điện không cho dòng điện không đổi "đi qua" nó.

b) Trong mạch điện xoay chiều, tụ điện gây ra các ảnh hưởng sau :

+ Tụ điện cho dòng điện xoay chiều "đi qua" nó ;

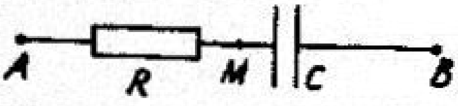
+ Tụ điện cũng có tác dụng cản trở dòng điện, tức là nó có một điện trở, gọi là dung kháng $Z_c = \frac{1}{C\omega}$

+ Tụ điện tạo ra độ lệch pha φ giữa dòng điện i "đi qua" tụ điện và hiệu điện thế u giữa hai bản tụ điện : i sớm pha hơn u một góc $\frac{\pi}{2}$

c) *Giải thích :* Trình bày như đoạn II c, d.

V - ĐỊNH LUẬT ÔM CHO ĐOẠN MẠCH CÓ MỘT ĐIỆN TRỞ THUẦN VÀ MỘT TỤ ĐIỆN MẮC NỐI TIẾP

1. Xét một đoạn mạch AB gồm một điện trở thuần R và một tụ điện C mắc nối tiếp (H.12.7). Đặt vào hai đầu đoạn mạch AB một hiệu điện thế xoay chiều, có một dòng điện xoay chiều chạy qua đoạn mạch. Giả sử dòng điện xoay chiều trong đoạn mạch có dạng $i = I_0 \sin\omega t$ (1).



Hình 12.7

Hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch AB là

$u = u_{AM} + u_{MB} = u_R + u_C$ (2)

Ta đã biết $u_R = U_{RO} \sin\omega t$ với $U_{RO} = I_o R$

$$u_C = U_{CO} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \text{ với } U_{CO} = \frac{I_o}{C\omega}$$

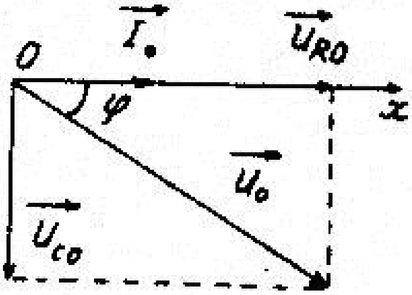
Do đó u có dạng $u = U_o \sin(\omega t - \varphi)$ (3), với U_o là giá trị cực đại của hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch và φ là độ lệch pha giữa hiệu điện thế và cường độ dòng điện.

2. Để xác định U_o và φ ta dùng phương pháp Frexnen. Trên cùng một giản đồ vectơ, với Ox là trục dòng điện ta vẽ hai vectơ (H.12.8) $\vec{U}_{RO}$ và $\vec{U}_{CO}$. Vectơ $\vec{U}_o$ là vectơ tổng $\vec{U}_{RO} + \vec{U}_{CO}$, nó tạo với trục dòng điện một góc φ. Từ giản đồ vectơ ta có :

$$U_o = \sqrt{U_{RO}^2 + U_{CO}^2} = I_o \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega}\right)^2} \quad (4)$$

$$\text{tg}\varphi = \frac{U_{CO}}{U_{RO}} = \frac{1/C\omega}{R} = \frac{1}{RC\omega} \quad (5)$$

Hiệu điện thế trễ pha so với cường độ dòng điện một góc φ.



Hình 12.8

3. Định luật Ôm

Chia hai vế của (4) cho $\sqrt{2}$ ta có

$$U = I\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega}\right)^2} \text{ hay } I = \frac{U}{Z} \quad (6)$$

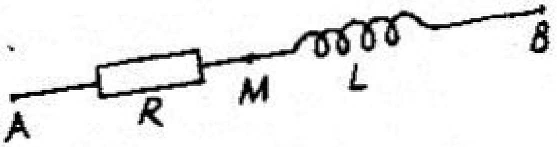
với U và I là hiệu điện thế hiệu dụng và cường độ hiệu dụng, Z là tổng trở của đoạn mạch RC có giá trị bằng $Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega}\right)^2}$. Đó là biểu thức của định luật Ôm cho đoạn mạch RC. Hiệu điện thế trễ pha so với cường độ dòng điện một góc φ mà $\text{tg}\varphi = \frac{1}{RC\omega}$

4. Dung kháng của tụ điện tuy có làm cho cường độ dòng điện xoay chiều thay đổi, nhưng không gây hiệu ứng Jun – Lenxơ, nên trong các dụng cụ điện có tụ điện khi hoạt động sẽ không có hao

phí điện năng và tụ điện không nóng lên. Trong thực tế, do điện môi của tụ điện không hoàn toàn cách điện (tụ điện có điện trở thuần), nên khi tụ điện hoạt động sẽ có hiệu ứng Jun – Lenxơ và tụ điện có bị nóng lên nếu hoạt động liên tục.

VI – ĐỊNH LUẬT ÔM ĐỐI VỚI ĐOẠN MẠCH XOAY CHIỀU CÓ ĐIỆN TRỞ THUẦN VÀ CUỘN CẢM MẮC NỐI TIẾP

1. Xét một đoạn mạch AB gồm một điện trở thuần R và một cuộn cảm L (có điện trở thuần không đáng kể) mắc nối tiếp (H.12.9). Đặt vào hai đầu đoạn mạch AB một hiệu điện thế xoay chiều, có một dòng điện xoay chiều chạy qua đoạn mạch.



Hình 12.9

Giả sử dòng điện xoay chiều trong đoạn mạch có dạng $i = I_0 \sin\omega t$ (1). Hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch AB là

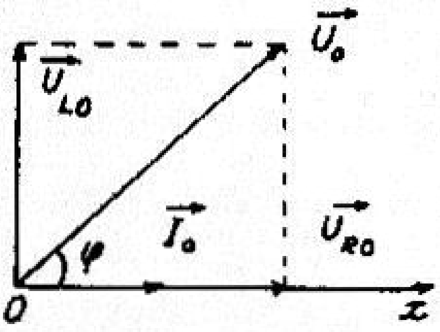
$$u = u_{AM} + u_{MB} = u_R + u_L \qquad (2)$$

Ta đã biết $u_R = U_{RO} \sin\omega t$ với $U_{RO} = I_0 R$

$$u_L = U_{LO} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right), \text{ với } U_{LO} = I_0 L\omega$$

Do đó hiệu điện thế u có dạng $u = U_0 \sin(\omega t + \varphi)$ (3), với U_0 là giá trị cực đại của hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch và φ là độ lệch pha giữa hiệu điện thế và cường độ dòng điện.

2. Để xác định U_0 và φ ta dùng phương pháp Frexnen. Trên cùng một giản đồ vectơ, với Ox là trục dòng điện, ta vẽ hai vectơ $\vec{U}_{RO}$ và $\vec{U}_{LO}$ (H.12.10)



Vectơ $\vec{U}_0$ là vectơ tổng $\vec{U}_{RO} + \vec{U}_{LO}$, nó tạo với trục dòng điện một góc φ. Từ giản đồ vectơ ta có

Hình 12.10

$$U_o = \sqrt{U_{RO}^2 + U_{LO}^2} = I_o\sqrt{R^2 + (L\omega)^2} \qquad (4)$$

$$tg\varphi = \frac{U_{LO}}{U_{RO}} = \frac{L\omega}{R} \qquad (5)$$

Hiệu điện thế sớm pha so với cường độ dòng điện một góc φ.

3. Định luật Ôm

Chia hai vế của (4) cho $\sqrt{2}$ ta có

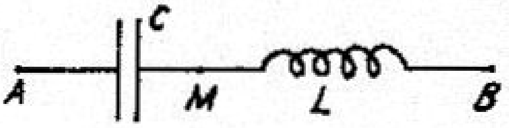
$U = I\sqrt{R^2 + (L\omega)^2}$ hay $I = \dfrac{U}{Z}$ (6) (với U và I là hiệu điện thế hiệu dụng và cường độ hiệu dụng, $Z = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2}$ là tổng trở của đoạn mạch RL). Đó là biểu thức của định luật Ôm cho đoạn mạch RL.

4. Ảnh hưởng của tần số lên độ sáng của đèn ống

Trong mạch của đèn ống có chấn lưu là một cuộn cảm nên có cảm kháng $L\omega$, và nói chung có điện trở thuần R. Như vậy mạch có tổng trở $Z = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2}$. Khi mắc đèn ống 220V - 50Hz vào mạng điện 220V - 60Hz tần số f của dòng điện tăng từ 50Hz lên 60Hz. Vì $\omega = 2\pi f$ nên khi f tăng thì ω tăng, dẫn đến tổng trở $Z = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2}$ tăng. Vì hiệu điện thế (hiệu dụng) U vẫn giữ không đổi (bằng 220V) nên theo định luật Ôm (6), cường độ (hiệu dụng) I giảm. Vì vậy độ sáng của đèn bị giảm đi (đèn tối hơn so với mức bình thường).

VII - ĐỊNH LUẬT ÔM CHO ĐOẠN MẠCH XOAY CHIỀU CÓ MỘT TỤ ĐIỆN VÀ MỘT CUỘN CẢM MẮC NỐI TIẾP

1. Xét một đoạn mạch AB gồm một tụ điện C và một cuộn cảm L (có điện trở thuần không đáng kể) mắc nối tiếp (H.12.11). Đặt vào hai đầu đoạn mạch AB một hiệu điện thế xoay chiều, trong đoạn mạch có một dòng điện xoay chiều.



Hình 12.11

Giả sử dòng điện xoay chiều trong đoạn mạch có dạng $i = I_o \sin\omega t$ (1). Hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch AB là

$$u = u_{AM} + u_{MB} = u_C + u_L \qquad (2)$$

Ta đã biết $u_c = U_{co}\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$, với $U_{co} = \frac{I_o}{C\omega}$

$u_L = U_{LO}\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$, với $U_{LO} = I_o L\omega$.

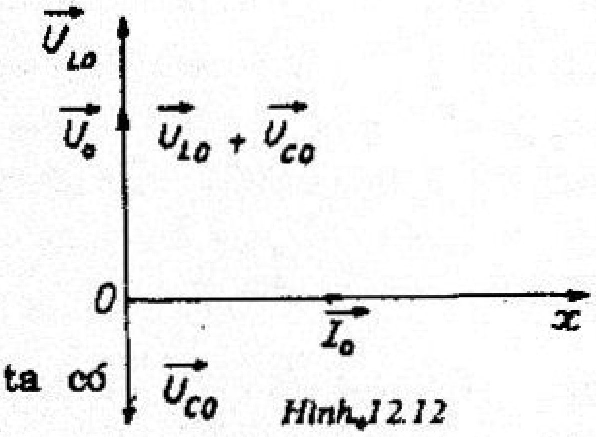
Do đó hiệu điện thế u có dạng $u = U_o\sin(\omega t + \varphi)$ (3) với U_o là giá trị cực đại của hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch và φ là độ lệch pha giữa hiệu điện thế và cường độ dòng điện.

2. Để xác định U_o và φ ta dùng phương pháp Frexnen. Trên cùng một giản đồ vectơ với Ox là trục dòng điện ta vẽ hai vectơ $\vec{U}_{co}$ và $\vec{U}_{LO}$. Vectơ $\vec{U}_o$ là vectơ tổng $\vec{U}_{co} + \vec{U}_{LO}$, nó tạo với trục dòng điện một góc φ. Vì $\vec{U}_{LO}$ và $\vec{U}_{co}$ là hai vectơ ngược chiều nhau nên tổng $\vec{U}_o$ của chúng có độ lớn bằng $|U_{LO} - U_{co}|$ và có chiều hướng lên trên nếu $U_{LO} > U_{co}$ (Hình 12.12), hoặc U_0 hướng xuống dưới nếu $U_{LO} < U_{co}$, hoặc $\vec{U}_0 = 0$ nếu $U_{LO} = U_{co}$.

Như vậy $U_o = |U_{LO} - U_{co}| = I_o\left|L - \frac{1}{C\omega}\right|$ (4)

và độ lệch pha

$$\varphi = \begin{cases} \pi/2 \text{ nếu } L\omega > \frac{1}{C\omega} \\ -\pi/2 \text{ nếu } L\omega < \frac{1}{C\omega} \end{cases} \qquad (5)$$



Hình 12.12

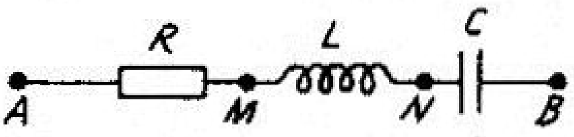
3. Định luật Ôm

Chia hai vế của (4) cho $\sqrt{2}$ ta có $U = I\left|L\omega - \frac{1}{C\omega}\right|$ hay $I = \frac{U}{Z}$ (6) (với U và I là hiệu điện thế hiệu dụng và cường độ hiệu dụng, $Z = \left|L\omega - \frac{1}{C\omega}\right|$ là tổng trở của đoạn mạch LC). Đó là biểu thức của định luật Ôm cho đoạn mạch LC. Hiệu điện thế sẽ lệch pha $\pm\frac{\pi}{2}$ so với cường độ dòng điện tùy theo $L\omega > \frac{1}{C\omega}$ hay $L\omega < \frac{1}{C\omega}$.

VIII - ĐỊNH LUẬT ÔM CHO ĐOẠN MẠCH XOAY CHIỀU R, L, C KHÔNG PHÂN NHÁNH

1. Thiết lập quan hệ giữa cường độ dòng điện và hiệu điện thế

Xét một đoạn mạch AB không phân nhánh gồm một điện trở thuần R, một cuộn cảm L (có điện trở thuần không đáng kể) và một tụ điện C mắc nối tiếp (H. 12.13).



Hình 12.13

Đặt vào hai đầu đoạn mạch RLC một hiệu điện thế xoay chiều, có một dòng điện xoay chiều chạy qua đoạn mạch. Giả sử cường độ dòng điện xoay chiều chạy qua đoạn mạch là $i = I_o \sin\omega t$ (1). Hiệu điện thế ở hai đầu mỗi phần tử của mạch là :

$$u_R = U_{RO} \sin\omega t, \text{ với } U_{RO} = I_o R$$

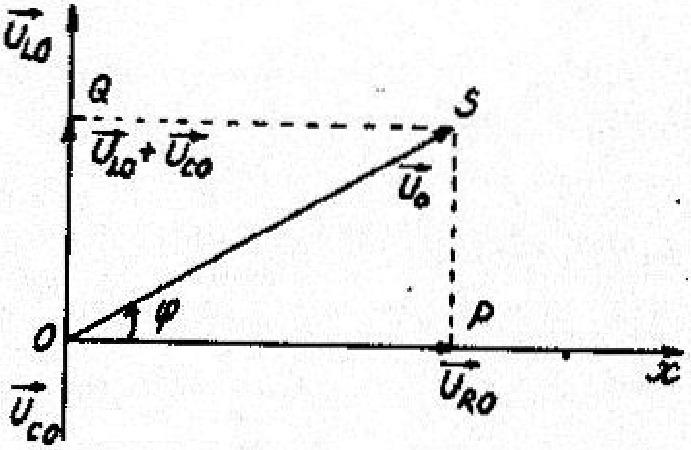
$$u_L = U_{LO} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right), \text{ với } U_{LO} = I_o Z_L = I_o L\omega$$

$$u_c = U_{co} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right), \text{ với } U_{co} = I_o Z_c = \frac{I_o}{C\omega}$$

Hiệu điện thế u giữa hai đầu đoạn mạch là :

$$u = u_{AM} + u_{MN} + u_{NB} = u_R + u_L + u_C \; ; \quad (2)$$

Hiệu điện thế này có dạng $u = U_0 \sin(\omega t + \varphi)$(3) với U_o là giá trị cực đại của hiệu điện thế đặt vào đoạn mạch, φ là độ lệch pha giữa hiệu điện thế u và cường độ dòng điện i.



Hình 12.14

2. Để xác định u_o và φ ta dùng phương pháp Frexnen. Trên cùng một giản đồ vectơ ta vẽ ba vectơ $\vec{U}_{RO}$, $\vec{U}_{LO}$ và $\vec{U}_{\infty}$ (H.12.14). Vì $\vec{U}_{LO}$ và $\vec{U}_{\infty}$ là hai vectơ ngược chiều nhau nên tổng $\vec{U}_{LO} + \vec{U}_{CO}$ của chúng có độ lớn bằng $|U_{LO} - U_{CO}|$ và có chiều hướng lên trên nếu $U_{LO} > U_{CO}$ (như trường hợp ở hình vẽ), hoặc hướng xuống dưới nếu $U_{LO} < U_{CO}$, hoặc bằng không nếu $U_{LO} = U_{CO}$. Vectơ $\vec{U}_o$ là vectơ tổng của $\vec{U}_{RO} + \vec{U}_{LO} + \vec{U}_{CO}$, nó tạo với trục dòng điện một góc φ, là độ lệch pha giữa u và i. Từ giản đồ vectơ ta có

$$U_o = \sqrt{\overline{OP}^2 + \overline{PS}^2} = \sqrt{U_{RO}^2 + (U_{LO} - U_{CO})^2}$$

$$U_o = I_o\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2} \qquad (4)$$

và $$\operatorname{tg}\varphi = \frac{PS}{OP} = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R} \qquad (5)$$

Vậy hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch RLC biến thiên điều hòa cùng tần số với cường độ dòng điện, với độ lệch pha φ so với cường độ dòng điện.

3. Từ biểu thức (5) tính độ lệch pha φ ta thấy :

Nếu $L\omega > \frac{1}{C\omega}$ (cảm kháng lớn hơn dung kháng, đó là trường hợp hình 33.1) thì $\varphi > 0$ nghĩa là hiệu điện thế u giữa hai đầu đoạn mạch RLC sớm pha so với cường độ dòng điện i chạy qua đoạn mạch. Người ta nói rằng đoạn mạch có đặc tính cảm kháng.

Nếu $L\omega < \frac{1}{C\omega}$ (cảm kháng nhỏ hơn dung kháng) thì $\varphi < 0$, nghĩa là hiệu điện thế u trễ pha so với cường độ dòng điện i. Đoạn mạch có đặc tính dung kháng.

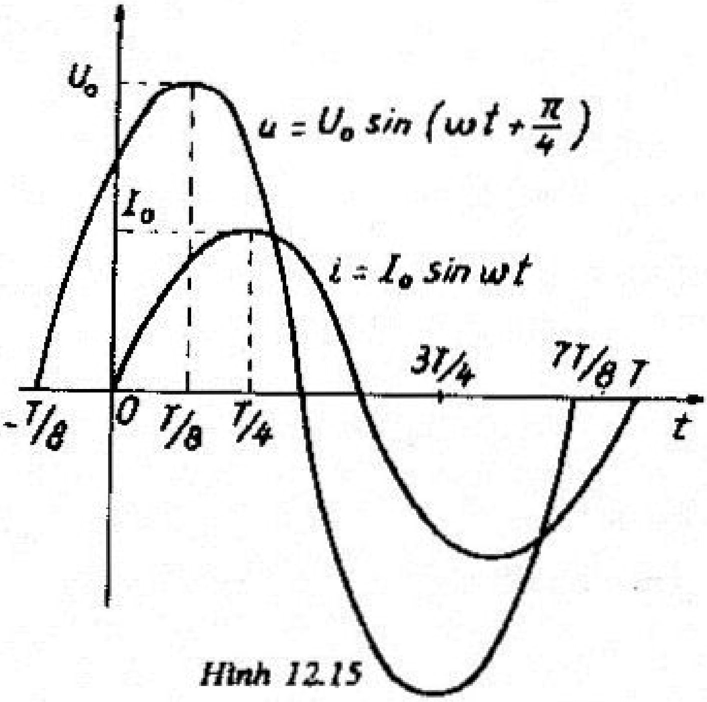
Còn nếu $L\omega = \frac{1}{C\omega}$ (cảm kháng bằng dung kháng) thì $\varphi = 0$: hiệu điện thế u cùng pha với cường độ dòng điện i.

4. Để minh họa ta vẽ đường cong biểu diễn sự biến thiên của i và u theo t trên cùng một đồ thị trong trường hợp cụ thể $\varphi = \frac{\pi}{4}$. Khi đó cường độ dòng điện i và hiệu điện thế u có biểu thức :

$i = I_0 \sin\omega t$

$u = U_0 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{4}\right)$

Đồ thị có dạng như ở hình 12.15.



Hình 12.15

5. Định luật Ôm

Chia hai vế của (4) cho $\sqrt{2}$ ta có

$$U = I\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2} = IZ$$

với U và I là hiệu điện thế hiệu dụng và cường độ hiệu dụng,

$Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$ (6) được gọi là tổng trở của đoạn mạch RLC. Công thức trên có thể viết dưới dạng

$$I = \frac{U}{Z} \tag{7}$$

Đó là biểu thức của định luật Ôm cho đoạn mạch RLC không phân nhánh. Tổng trở Z giữ vai trò như điện trở trong định luật Ôm cho dòng điện không đổi.

6. Hiện tượng cộng hưởng điện trong đoạn mạch RLC

Từ biểu thức $I = \frac{U}{Z}$ của định luật Ôm cho đoạn mạch RLC ta thấy : với hiệu điện thế U xác định đặt vào đoạn mạch, dòng điện I trong mạch sẽ đạt cực đại khi tổng trở Z của đoạn mạch là cực tiểu. Theo (6), Z sẽ có giá trị cực tiểu khi

$$L\omega - \frac{1}{C\omega} = 0 \text{ hay } L\omega = \frac{1}{C\omega} \text{ suy ra } \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \tag{8}$$

Như vậy khi ta chọn các giá trị của L và C trong đoạn mạch sao cho chúng thỏa mãn điều kiện (8) thì dòng điện trong mạch RLC có giá trị cực đại bằng $\frac{U}{R}$ và khi đó hiệu điện thế cùng pha với cường độ dòng điện. Đó là hiện tượng cộng hưởng điện trong mạch RLC. Khi có cộng hưởng điện hiệu điện thế hiệu dụng $U_c = \frac{I}{C\omega}$ trên tụ điện bằng hiệu điện thế hiệu dụng $U_L = IL\omega$ trên cuộn cảm và chúng có thể đạt được giá trị rất lớn khi điện trở thuần R của đoạn mạch nhỏ (vì khi R nhỏ thì I sẽ lớn).

Bài 13

CÔNG SUẤT CỦA DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

I- CÔNG SUẤT CỦA DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

1. Đối với dòng điện không đổi, công suất P của dòng điện trên một đoạn mạch được tính theo công thức

$$P = UI$$

trong đó U là hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch và I là cường độ dòng điện trong mạch.

2. Đối với *dòng điện xoay chiều :* Dùng vôn kế và ampe kế đo hiệu điện thế hiệu dụng U ở hai đầu đoạn mạch và cường độ hiệu dụng I của dòng điện trong mạch, và dùng oát kế đo công suất P tiêu thụ trên đoạn mạch, người ta thấy :

– Nếu đoạn mạch chỉ có điện trở thuần, giữa U, I và P có hệ thức P = UI.

– Nếu mắc thêm vào đoạn mạch một cuộn cảm hoặc một tụ điện, hoặc cả hai, thì Công suất giảm đi so với khi chỉ có điện trở thuần $P < UI$, nghĩa là $P = k\,UI$ với $k < 1$ là hệ số biểu thị độ giảm của công suất. Thực nghiệm cho thấy giữa hệ số k và độ lệch pha φ giữa dòng điện và hiệu điện thế có một hệ thức đơn giản

$$k = \cos\varphi$$

Như vậy trong trường hợp chung ta có

$$P = UI\cos\varphi \qquad (1)$$

và $\cos\varphi$ được gọi là *hệ số công suất.*

Chú ý : Công suất tức thời p = ui của dòng điện luôn biến thiên với thời gian, nên P tính theo công thức (1) là công suất trung bình. Đó chính là công trung bình của dòng điện xoay chiều sản ra trên đoạn mạch trong 1 giây. Phép tính chứng tỏ (xem SGK giải tích 12 tác giả Ngô Thúc Lanh trang 135 và của tác giả Phan Đức Chính trang 167) công của dòng điện xoay chiều sản ra trên đoạn mạch trong 1 chu kì T bằng $A = \frac{U_oI_o}{2}\cos\varphi\, T = UI\cos\varphi\,.\,T$, từ đó công suất trung bình P trong một chu kì T là $\overline{P} = \frac{A}{T} = UI\cos\varphi$.

Cũng có thể lập luận như sau. Xét một khoảng thời gian vô cùng bé công suất tức thời của dòng điện được tính theo công thức $P = ui = U_o\sin(\omega t + \varphi)\,.\,I_o\sin\omega t = 2UI\sin\omega t\,\sin(\omega t + \varphi)$

$$P = UI\cos\varphi - UI\cos\,(2\omega t + \varphi)$$

(với φ là độ lệch pha giữa u và i). Số hạng thứ nhất không phụ thuộc thời gian, còn số hạng thứ hai là một hàm số tuần hoàn có giá trị trung bình trong một chu kì bằng không. Vậy $\overline{P} = UI\cos\varphi$.

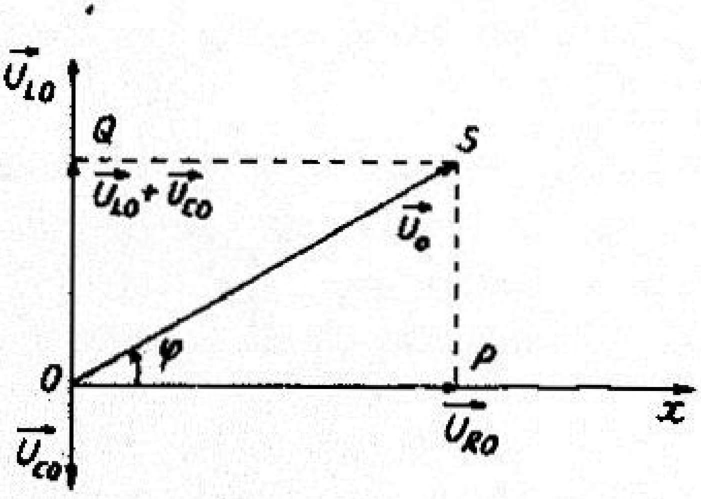
3. Có thể xác định $\cos\varphi$ nhờ giản đồ vectơ. Xét đoạn mạch RLC không phân nhánh. Trên cùng một giản đồ vectơ, vẽ ba vectơ. $\vec{U}_{RO}, \vec{U}_{LO}, \vec{U}_{CO}$ (H.13.1). Vectơ $\vec{U}_o$ là vectơ tổng $\vec{U}_{RO} + \vec{U}_{LO} + \vec{U}_{CO}$, nó tạo với trục dòng điện một góc φ (H.13.1).

Từ hình vẽ ta có

$$\cos\varphi = \frac{OP}{OS} = \frac{U_{RO}}{\sqrt{U_{RO}^2 + (U_{LO} - U_{CO})^2}}$$

$$\cos\varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}} = \frac{R}{Z} \qquad (2)$$

4. Như vậy, với mạch điện xoay chiều, biết U và I (nhờ vôn kế và ampe kế) còn chưa đủ để tính công suất tiêu thụ trên đoạn mạch, mà còn tùy thuộc vào cấu tạo của đoạn mạch.



Hình 13.1

Ta xét các trường hợp riêng

- Với mạch chỉ có điện trở thuần R, $\cos\varphi = 1$, ta có $P = UI$

- Với mạch chỉ có tụ điện, $\cos\varphi = 0$, ta có $P = 0$

- Với mạch chỉ có cuộn cảm, $\cos\varphi = 0$, ta có $P = 0$

- Với mạch RLC mắc nối tiếp trong điều kiện cộng hưởng, khi đó $L\omega = \frac{1}{C\omega}$, $\cos\varphi = 1$ ta có $P = UI$.

II – Ý NGHĨA CỦA HỆ SỐ CÔNG SUẤT VÀ VAI TRÒ CỦA ĐỘ LỆCH PHA φ TRONG VIỆC SỬ DỤNG CÔNG SUẤT DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

Theo công thức $P = UI\cos\varphi$ (1), với một giá trị nhất định của U và I thì công suất tiêu thụ P càng lớn khi hệ số công suất $\cos\varphi$ càng lớn. Ta xét các trường hợp cụ thể.

1. Trường hợp $\cos\varphi = 1$, tức là $\varphi = 0$: đó là trường hợp đoạn mạch chỉ có điện trở thuần, hoặc đoạn mạch RLC nối tiếp khi có cộng hưởng. Trong trường hợp này công suất tiêu thụ trên đoạn mạch là lớn nhất và bằng UI.

2. *Trường hợp* $\cos\varphi = 0$, tức là $\varphi = \pm\frac{\pi}{2}$: đó là trường hợp đoạn mạch chỉ có C, hoặc L, hoặc cả L và C. Trong trường hợp này công suất tiêu thụ trên đoạn mạch là nhỏ nhất và bằng không. Khi đó nguồn điện có thể cung cấp cho đoạn mạch một công suất khá lớn, khiến cho dù U và I của đoạn mạch có thể khá lớn, nhưng đoạn mạch vẫn không tiêu thụ một phần nào của công suất đó, có nghĩa là dòng điện không có hiệu quả có ích ; trong khi đó một phần nhỏ của công suất vẫn bị hao phí vô ích trên đường dây truyền tải điện !

3. Trường hợp $0 < \cos\varphi < 1$, tức là $-\frac{\pi}{2} < \varphi < 0$ hoặc $0 < \varphi < \frac{\pi}{2}$. Đó là trường hợp thường gặp trong thực tế. Khi đó công suất tiêu thụ trên đoạn mạch $P = UI\cos\varphi$ nhỏ hơn công suất UI cung cấp cho đoạn mạch. Muốn tăng hiệu quả của việc sử dụng điện năng ta phải tìm cách nâng cao trị số của hệ số công suất $\cos\varphi$ để đoạn mạch sử dụng được phần lớn công suất do nguồn cung cấp. Mặt khác công suất tiêu thụ $P = UI\cos\varphi$ có thể gồm công suất hữu ích (dưới dạng cơ năng, hóa năng...) và một phần vô ích hao phí dưới dạng nhiệt RI^2 (trừ trường hợp các máy thu chỉ tỏa nhiệt như bếp điện, bàn là...). Phần công suất hữu ích và hiệu điện thế U của mạch là do nhu cầu tiêu dùng, nên chúng có giá trị xác định, từ đó cường độ dòng điện $I = \frac{P}{U\cos\varphi}$ chỉ còn phụ thuộc vào $\cos\varphi$. Khi $\cos\varphi$ lớn thì I nhỏ và phần hao phí dưới dạng nhiệt RI^2 là nhỏ. Nhưng nếu $\cos\varphi$ nhỏ thì I lớn và phần hao phí RI^2 là lớn. Vì vậy khi chế tạo các dụng cụ tiêu thụ điện như quạt, tủ lạnh, động cơ... người ta cố gắng tăng hệ số công suất.

Thí dụ các động cơ điện thường có cảm kháng rất lớn so với điện trở thuần ($L\omega \gg R$), khi đó theo (2) $\cos\varphi = \frac{R}{L\omega} \ll 1$ nghĩa là $\cos\varphi$ khá nhỏ. Để nâng cao hệ số công suất $\cos\varphi$, ta có thể mắc vào động cơ một bộ tụ điện để làm tăng $\cos\varphi$

Bài 14

DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU BA PHA

I - DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU BA PHA

1. Dòng điện xoay chiều ba pha là một hệ thống gồm ba dòng điện xoay chiều có cùng biên độ, cùng tần số, nhưng lệch nhau về pha một góc bằng $\frac{2\pi}{3}$ rad, hay 120°, tức là lệch nhau về thời gian $\frac{1}{3}$ chu kì. Biểu thức của ba dòng điện này có thể viết là :

$$\left.\begin{aligned} i_1 &= I_0 \sin\omega t \\ i_2 &= I_0 \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) \\ i_3 &= I_0 \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right) \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

2. Nguyên tắc cấu tạo và hoạt động của máy phát điện xoay chiều ba pha (máy dao điện ba pha)

a) Cấu tạo. Máy gồm hai phần :

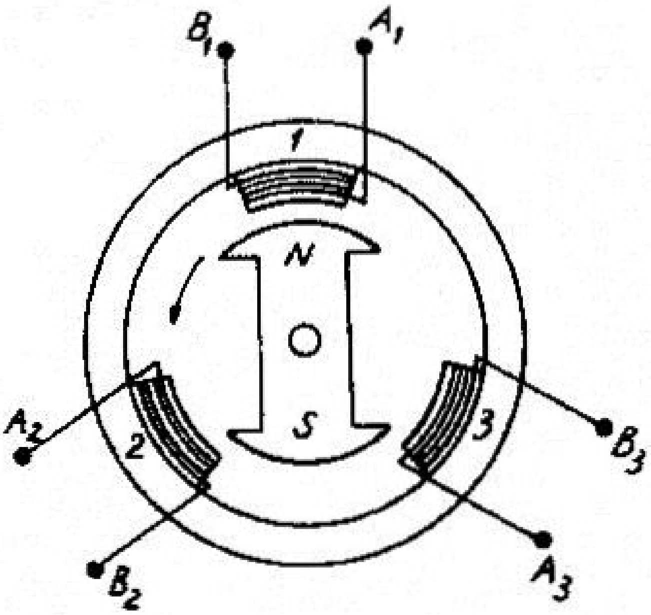
– Rôto là phần cảm : đó là một nam châm quay xung quanh một trục để sinh ra từ trường biến thiên. Thông thường đó là một nam châm điện nuôi bằng một dòng điện một chiều.

– Stato là phần ứng, gồm ba cuộn dây riêng rẽ hoàn toàn giống nhau về kích thước và số vòng dây, nhưng được bố trí lệch nhau $\frac{1}{3}$ vòng tròn (120°) trên stato.

– Hình 14.1 là sơ đồ nguyên tắc cấu tạo một máy phát điện ba pha.

b) Hoạt động : Dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ : Khi từ thông qua một khung dây kim loại biến thiên điều hòa thì làm phát sinh trong khung dây một suất điện động cảm ứng cũng biến thiên điều hòa, suất điện động đó tạo ra ở mạch ngoài một dòng điện xoay chiều.

Vì cùng một từ trường biến thiên sinh ra từ thông qua ba cuộn dây nên ba suất điện động có cùng một tần số.



Hình 14.1

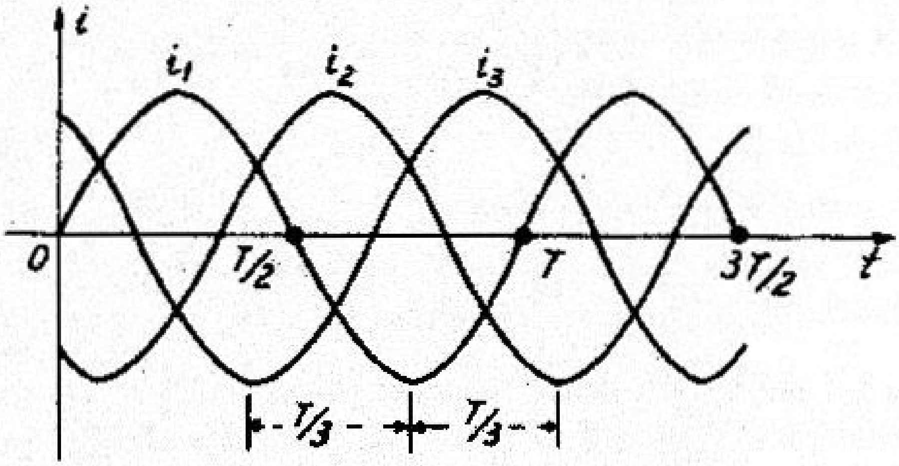
Vì ba cuộn dây hoàn toàn giống nhau và từ thông qua ba cuộn dây biến thiên y hệt nhau cho nên ba suất điện động có cùng một giá trị cực đại.

Nhưng ba suất điện động ở ba cuộn dây không đạt cực đại đồng thời ở cùng một thời điểm. Trên hình vẽ từ thông qua cuộn dây 1 có giá trị cực đại. Khi rôto quay theo chiều mũi tên với chu kì bằng T, thì sau một thời gian bằng $\frac{T}{3}$ từ thông qua cuộn dây 2 mới đạt giá trị cực đại và sau thời gian $\frac{T}{3}$ nữa đến lượt từ thông qua cuộn dây 3 là cực đại. Như vậy từ thông qua các cuộn dây lệch nhau $\frac{1}{3}$ chu kì về thời gian, tức là có pha lệch nhau 120°. Tương tự như vậy, ba suất điện động ở ba cuộn dây cũng lệch pha nhau 120° và có biểu thức :

$$\left.\begin{aligned} e_1 &= E_o \sin \omega t \\ e_2 &= E_o \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) \\ e_3 &= E_o \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right) \end{aligned}\right| \qquad (2)$$

Nếu nối các đầu dây của ba cuộn dây với ba mạch ngoài giống nhau (thí dụ với ba mạch có điện trở thuần như nhau) thì ba dòng điện trong các mạch đó cũng giống nhau, chỉ lệch pha nhau 120°. Biểu thức của ba dòng điện đó như sau :

$$\left.\begin{aligned} i_1 &= I_o \sin \omega t \\ i_2 &= I_o \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) \\ i_3 &= I_o \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right) \end{aligned}\right\} \quad (3)$$



Hình 14.2

Đó là dòng điện ba pha.

Hình 14.2 là đường biểu diễn của ba dòng điện đó vẽ trên cùng hệ trục tọa độ.

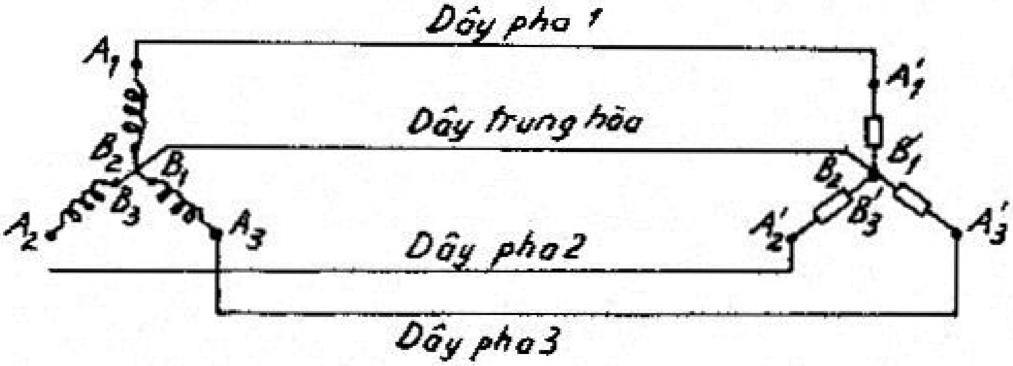
3. Cách mắc mạch điện ba pha

Trong thực tế mạng điện ba pha có thể mắc theo hình sao hoặc hình tam giác.

a) Cách mắc hình sao

– Theo cách mắc này ba điểm đầu A_1, A_2, A_3 của các cuộn dây 1, 2, 3 được nối với ba mạch ngoài bằng ba dây dẫn khác nhau gọi là *dây pha* (H.14.3). Ba điểm cuối B_1, B_2, B_3 của các cuộn dây được nối với nhau trước, rồi nối với ba mạch ngoài bằng một dây dẫn chung gọi là *dây trung hòa*. Tải tiêu thụ cũng được mắc theo hình sao : ba dây đầu riêng rẽ A'_1, A'_2, A'_3 được nối với các dây pha, còn đầu dây chung B'_1, B'_2, B'_3 được nối với dây trung hòa.

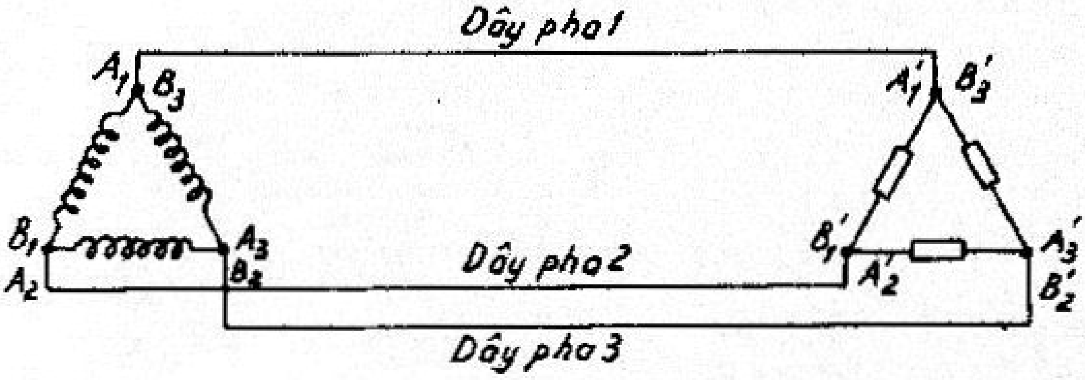
– Nếu tải tiêu thụ ở ba mạch ngoài như nhau thì cường độ dòng điện ở các dây pha có biểu thức (3) và cường độ tức thời của dòng điện ở dây trung hòa luôn luôn bằng không (vì $i = i_1 + i_2 + i_3 = 0$), trong thực tế bao giờ cũng có sự chênh lệch nào đó giữa các tải tiêu thụ và trong dây trung hòa vẫn có dòng điện $i \neq 0$, nhưng dòng điện này yếu hơn hẳn dòng điện ở các dây pha.


Dây pha 1
A₁
A'₁
Dây trung hòa
B₂
B₁
B'₁
B₂
B₃
B'₃
A₂
A₃
A'₂
A'₃
Dây pha 2
Dây pha 3

Hình 14.3

b) Cách mắc hình tam giác

– Theo cách mắc này điểm cuối B_1 của cuộn dây 1 được nối điểm đầu A_2 của cuộn dây 2, điểm cuối B_2 của cuộn dây 2 được nối với điểm đầu A_3 của cuộn dây 3 và điểm cuối B_3 của cuộn dây 3 được nối với điểm đầu A_1 của cuộn dây 1. Ba điểm nối đó lại được nối với các mạch ngoài bằng ba dây pha. Tải tiêu thụ cũng được mắc theo hình tam giác (H.14.4).


Dây pha 1
A₁
B₃
A'₁
B'₃
B₁
A₂
A₃
B₂
Dây pha 2
B'₁
A'₂
A'₃
B'₂
Dây pha 3

Hình 14.4

– Trong cách mắc này không có chỗ nào để mắc dây trung hòa, nên so với cách mắc hình sao nó đòi hỏi có sự đối xứng tốt hơn của các tải tiêu thụ (các tải tiêu thụ phải hoàn toàn như nhau).

Chú ý : Với máy phát điện ba pha mắc theo hình sao, hiệu điện thế giữa điểm đầu và điểm cuối của mỗi cuộn dây (cũng là hiệu điện thế giữa một dây pha và dây trung hòa) được gọi là *hiệu điện thế pha* U_p. Còn hiệu điện thế giữa điểm đầu của một cuộn dây với điểm đầu của một cuộn dây khác (cũng là hiệu điện thế giữa hai dây pha) được gọi là hiệu điện thế dây U_d. Phép tính chứng tỏ $U_d = \sqrt{3}\, U_p$.

4. Ưu điểm của dòng điện xoay chiều ba pha

– Với các cách mắc hình sao và mắc hình tam giác nói trên ta được ba dòng điện xoay chiều mà chỉ cần ba dây nối, do đó đã tiết kiệm được dây dẫn từ nhà máy phát điện đến nơi tiêu thụ và đồng thời tiết kiệm được điện năng hao phí trên đường dây truyền tải điện, so với việc dùng dòng điện xoay chiều một pha.

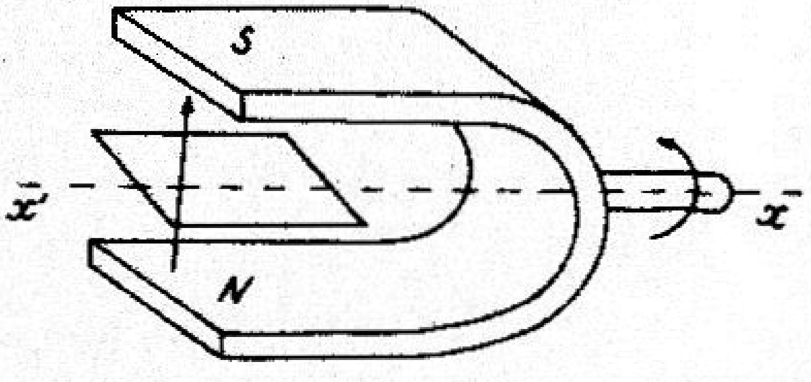
– Ngoài ra với dòng điện ba pha có thể tạo ra từ trường quay một cách đơn giản trong động cơ không đồng bộ ba pha, động cơ này chế tạo đơn giản, có công suất lớn và dễ dàng thay đổi chiều quay động cơ.

II – ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ BA PHA

1. Nguyên tắc hoạt động của động cơ không đồng bộ

Động cơ không đồng bộ hoạt động trên cơ sở hiện tượng cảm ứng điện từ và bằng cách sử dụng từ trường quay.

a) Có thể tạo ra từ trường quay một cách đơn giản. Cho một nam châm vĩnh cửu hình chữ U quay quanh một trục xx' (H.14.5) với vận tốc góc ω không đổi, khi đó từ trường (vectơ cảm ứng từ)

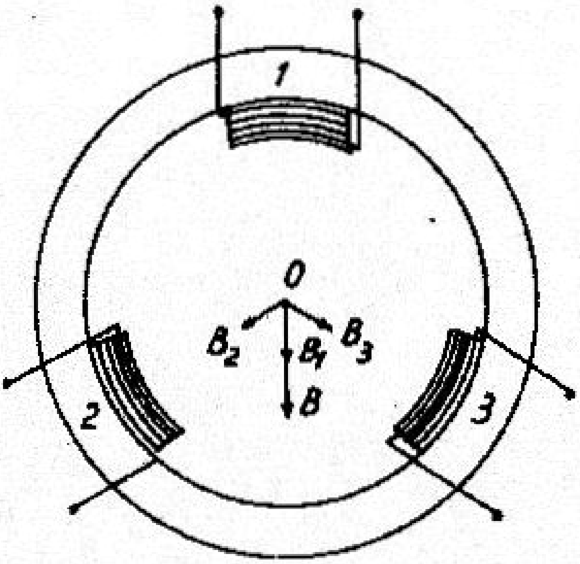


Hình 14.5

giữa hai nhánh của nam châm cũng quay với vận tốc góc ω. Đặt vào giữa hai nhánh nam châm một khung dây kín có thể quay được quanh trục đối xứng của khung, trùng với trục x'x, ta thấy khung dây bắt đầu quay nhanh dần cùng chiều với nam châm, và khi vận tốc góc của khung đạt tới giá trị $\omega_o < \omega$ thì nó giữ nguyên vận tốc đó.

– *Giải thích :* Khi nam châm bắt đầu quay, từ thông qua khung dây biến thiên, sinh ra trong khung một dòng điện cảm ứng (hiện tượng cảm ứng điện từ). Trong khung có dòng điện cảm ứng thì từ trường lại tác dụng lên khung một ngẫu lực điện từ làm khung quay (hiện tượng từ trường tác dụng lên dây dẫn có dòng điện chạy qua). Theo định luật Lenxơ dòng điện cảm ứng trong khung bao giờ cũng gây ra tác dụng chống lại sự chuyển động tương đối giữa khung dây và từ trường, như vậy khung dây cũng phải quay theo chiều quay của từ trường. Nhưng khung dây bao giờ cũng quay chậm hơn từ trường, nghĩa là *khung dây quay không đồng bộ với từ trường*. Nếu giả sử khung dây quay nhanh bằng từ trường thì khi đó vị trí tương đối của khung so với từ trường không đổi (góc giữa pháp tuyến với mặt khung và đường cảm ứng từ không đổi) từ thông qua khung không biến thiên, trong khung không có dòng điện cảm ứng nữa, sẽ không có ngẫu lực điện từ tác dụng lên khung nữa ; và khi đó các lực cản lập tức làm khung quay chậm lại. Vì vậy khung dây luôn luôn quay chậm hơn từ trường, khi mômen của ngẫu lực điện từ cân bằng với mômen của các lực cản thì khung quay đều và luôn luôn bị chậm so với từ trường.

b) Trong thực tế từ trường quay được tạo ra nhờ sử dụng dòng điện ba pha : cho dòng điện ba pha chạy vào ba cuộn dây giống nhau (ba nam châm điện) đặt lệch nhau 120° trên một vòng tròn (H.14.6). Khi đó từ trường do các cuộn dây tạo ra cũng biến thiên điều hòa giống như cường độ dòng điện nhưng lệch pha nhau 120°. Giả sử ở một thời điểm nào đó (thí dụ khi $t = \frac{T}{4}$) từ trường của cuộn dây 1 có giá trị cực dương bằng B_1 và hướng từ trong ra ngoài cuộn dây 1 (H.14.6) khi đó từ trường của các cuộn dây 2 và 3 có giá trị âm



Hình 14.6

$B_2 = B_3 = -\frac{1}{2} B_1$ nghĩa là hướng từ ngoài vào trong các cuộn dây đó. Như vậy từ trường tổng cộng $\vec{B}$ của cả ba cuộn dây có hướng trùng với $\vec{B_1}$, nghĩa là hướng từ cuộn dây 1 ra ngoài. Lập luận tương tự ta thấy rằng sau 1/3 chu kì từ trường tổng cộng $\vec{B}$ lại hướng từ cuộn dây 2 ra ngoài, và sau 1/3 chu kì nữa $\vec{B}$ lại hướng từ cuộn dây 3 ra ngoài. Kết quả là từ trường tổng cộng của ba cuộn dây tại tâm O quay quanh O với tần số bằng tần số góc của dòng điện ba pha.

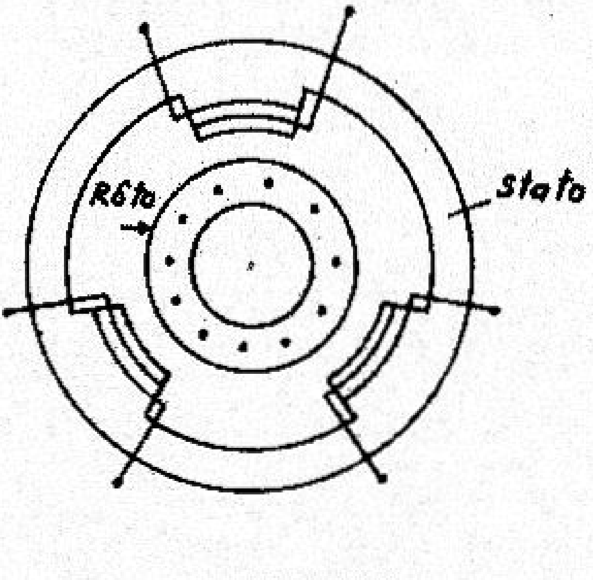
2. Nguyên tắc cấu tạo của động cơ không đồng bộ ba pha

Động cơ không đồng bộ ba pha được cấu tạo trên cơ sở nguyên tắc hoạt động trình bày ở trên. Nó gồm hai bộ phận (H.14.7).

– Stato gồm ba cuộn dây quấn trên các lõi sắt (để làm nam châm điện) bố trí lệch nhau 120° trên một vành tròn, được nuôi bằng ba dòng điện của dòng ba pha để tạo ra từ trường quay.

– Rôto (hình trụ) là khung dây quấn trên lõi thép đặt tại tâm vòng tròn.

Khi mắc động cơ vào mạng điện ba pha từ trường quay do stato sinh ra làm quay rôto trên trục. Chuyển động quay của rôto được trục máy truyền ra ngoài và được sử dụng để vận hành các máy công cụ hoặc các cơ cấu chuyển động khác.



Hình 14.7

3. Ưu điểm của động cơ không đồng bộ ba pha

– Có cấu tạo đơn giản dễ chế tạo (điều này có ý nghĩa lớn trong việc hạ giá thành chế tạo).

– Sử dụng tiện lợi, không có vành khuyên, chổi quét nên không sinh ra tia lửa điện (không gây nhiễu sóng vô tuyến).

– Có thể đổi chiều quay dễ dàng bằng cách đảo hai trong ba dây pha cho nhau (điều này có ý nghĩa lớn trong vận hành máy công cụ).

Chính vì vậy mà hầu hết các động cơ điện xoay chiều dùng trong các nhà máy đều là động cơ không đồng bộ ba pha.

4. So sánh rôto và stato của máy dao điện ba pha và của động cơ không đồng bộ ba pha

– Máy dao điện ba pha và động cơ không đồng bộ ba pha có stato cấu tạo y hệt nhau, đều có ba cuộn dây giống nhau gắn trên phần vỏ máy và đặt lệch nhau 120°. Nhưng nhiệm vụ của bộ phận này ở hai máy đó hoàn toàn ngược nhau. Ở máy dao điện ba pha thì ba cuộn dây của stato là phần ứng, là nơi có sinh ra các suất điện động cảm ứng, là nơi sinh ra điện năng (máy dao điện biến cơ năng thành điện năng). Còn ở động cơ không đồng bộ ba pha thì ba cuộn dây của stato là phần cảm sinh ra từ trường quay. Ba cuộn dây này tiêu thụ điện năng của dòng điện (động cơ biến điện năng thành cơ năng).

– Rôto của chúng có cấu tạo khác hẳn nhau. Ở động cơ không đồng bộ ba pha, rôto là một số khung dây dẫn kín, trong đó sẽ sinh ra dòng điện cảm ứng và nó sẽ chịu tác dụng của lực điện từ làm cho nó quay để sinh ra công cơ học. Còn ở máy dao điện ba pha thì rôto là một nam châm điện (tức là phần cảm) và ta phải tốn công cơ học để làm cho nó quay.

Vậy có thể biến một động cơ không đồng bộ ba pha thành một máy dao điện ba pha bằng cách thay rôto của động cơ bằng rôto của máy dao điện cùng trục quay.

Bài 15

MÁY BIẾN THẾ. SỰ TRUYỀN TẢI ĐIỆN NĂNG

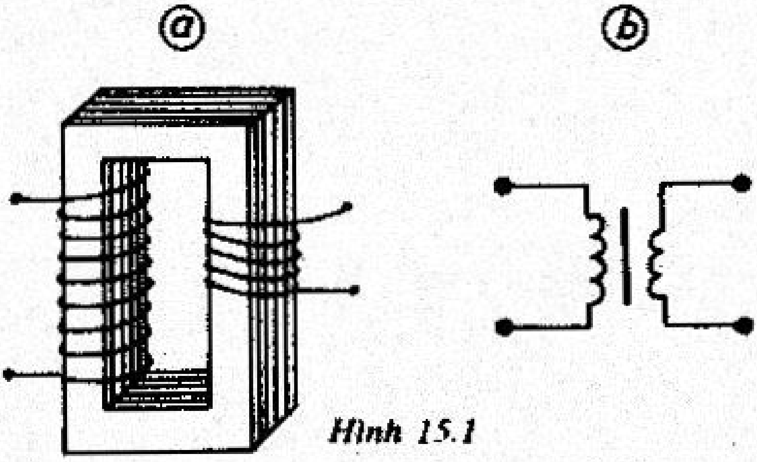
I – MÁY BIẾN THẾ

1. Định nghĩa

Máy biến thế là một thiết bị dùng để biến đổi một dòng điện xoay chiều thành một dòng điện xoay chiều khác cùng tần số chung nhưng có hiệu điện thế khác nhau.

2. Cấu tạo

Máy biến thế gồm hai cuộn dây dẫn, có số vòng khác nhau quấn trên một lõi chung bằng thép kĩ thuật (tôn silic) (H.15.1a) các cuộn dây dẫn thường bằng đồng bọc men cách điện, có điện trở nhỏ. Lõi gồm nhiều lá thép mỏng, hình khung chữ nhật rỗng hoặc khung tròn rỗng, ghép sát và cách điện với nhau.



Hình 15.1

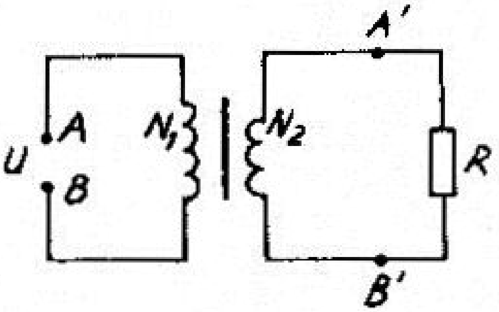
Trong các sơ đồ máy điện, máy biến thế được kí hiệu như trên hình 15.1b.

3. Nguyên tắc hoạt động

Hoạt động của máy biến thế dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ. Một trong hai cuộn dây của máy biến thế, gọi là *cuộn sơ cấp*, được nối với mạch điện xoay chiều. Cuộn thứ hai, gọi là *cuộn thứ cấp*, được nối với tải tiêu thụ. Dòng điện xoay chiều trong cuộn sơ cấp làm phát sinh một từ trường biến thiên trong lõi chung. Từ thông biến thiên của từ trường đó qua cuộn thứ cấp (cùng quấn trên lõi chung) tạo ra một suất điện động cảm ứng trong cuộn thứ cấp và gây ra một dòng điện cảm ứng chạy trong cuộn thứ cấp và trong tải tiêu thụ. Dòng điện này có cùng tần số với dòng điện ở cuộn sơ cấp.

4. Sự biến đổi hiệu điện thế và cường độ dòng điện qua máy biến thế

a) Gọi N_1, N_2 là số vòng dây của cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp (H.15.2).



Hình 15.2

Khi nối cuộn sơ cấp với mạch điện xoay chiều có hiệu điện thế hiệu dụng U_1, dòng điện xoay chiều i_1, trong cuộn sơ cấp làm phát sinh một từ trường biến thiên điều hòa tập trung trong lõi biến thế. Tại mọi thời điểm từ thông Φ qua mọi tiết diện của lõi có giá trị tức thời như nhau. Trong khoảng thời gian Δt rất nhỏ từ thông biến thiên gây ra ở mỗi cuộn dây một suất điện động cảm ứng. Suất điện động tức thời ở cuộn sơ cấp là $e_1 = -N_1\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}$, còn ở cuộn thứ cấp là $e_2 = -N_2\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

từ đó suy ra
$$\frac{e_2}{e_1} = \frac{N_2}{N_1} \qquad (1)$$

Vì điện trở của cuộn sơ cấp là rất nhỏ nên hiệu điện thế u_1 ở hai đầu cuộn sơ cấp có giá trị xấp xỉ bằng suất điện động e_1.

– Nếu mạch thứ cấp hở thì hiệu điện thế u_2 ở hai đầu cuộn thứ cấp có giá trị bằng suất điện động e_2. Do đó

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{e_2}{e_1} = \frac{N_2}{N_1} \qquad (2)$$

Hiệu điện thế và suất điện động ở hai cuộn sơ cấp và thứ cấp biến thiên điều hòa cùng pha, cùng tần số, nên ta có thể thay giá trị tức thời bằng giá trị hiệu dụng

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} \qquad (3)$$

Vậy tỉ số hiệu điện thế hiệu dụng ở hai đầu cuộn thứ cấp và cuộn sơ cấp bằng tỉ số vòng dây của hai cuộn đó.

Nếu $N_2 > N_1$ thì $U_2 > U_1$: máy biến thế là *máy tăng thế*

Nếu $N_2 < N_1$ thì $U_2 < U_1$: máy biến thế là *máy hạ thế*.

– Khi mạch thứ cấp nối với tải tiêu thụ thành một mạch kín thì $U_2 < e_2$; tuy nhiên người ta vẫn sử dụng công thức (3) như một công thức gần đúng.

b) Nếu dòng điện trong các cuộn sơ cấp và thứ cấp cùng pha với hiệu điện thế thì công suất tiêu thụ ở hai mạch sơ cấp và thứ cấp là $P_1 = U_1I_1$ và $P_2 = U_2I_2$. Nếu coi những hao phí do các dòng Fucô trong lõi và do tỏa nhiệt trên các cuộn dây là nhỏ không đáng kể, thì điện năng qua máy biến thế được bảo toàn (có loại biến thế có hiệu suất đạt tới 99,5%), nghĩa là công suất ở hai mạch sơ cấp và thứ cấp là như nhau :

$$P_1 = P_2, \text{ suy ra } \frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} \qquad (3)$$

Như vậy khi máy biến thế tăng hiệu điện thế lên bao nhiêu lần thì giảm cường độ dòng điện đi bấy nhiêu lần và ngược lại.

5. Ứng dụng của máy biến thế

– Máy biến thế được dùng để tăng, giảm hiệu điện thế của dòng điện xoay chiều, tạo ra những hiệu điện thế lớn nhỏ tùy ý từ lưới điện công nghiệp (lưới điện này chỉ cung cấp một hiệu điện thế nhất định).

– Ứng dụng quan trọng nhất của máy biến thế là trong vấn đề truyền tải điện năng đi xa : Ở trung tâm phát điện, người ta dùng máy tăng thế để đặt lên đường dây truyền tải điện một hiệu điện thế rất lớn (cao thế), do đó giảm được công suất hao phí trên đường dây ; đến khu vực tiêu thụ điện người ta lại phải dùng máy hạ thế sao cho đến từng hộ sử dụng điện thì hiệu điện thế chỉ con là hiệu điện thế thông dụng 110V hay 220V chẳng hạn.

II – SỰ TRUYỀN TẢI ĐIỆN NĂNG

1. Điện năng được sử dụng ở mọi nơi, nhưng chỉ được sản xuất ở một số nhà máy phát điện lớn (thủy điện, nhiệt điện...). Vì vậy cần phải truyền tải điện năng đi xa, đến các nơi tiêu thụ điện. Việc truyền tải điện năng bằng các dây dẫn phải thỏa mãn yêu cầu : giảm hao phí điện năng ở các đường dây dẫn xuống mức thấp nhất và giảm được chi phí xây dựng ở đường dây truyền tải điện.

2. Giả sử cần truyền tải một công suất điện P từ nhà máy phát điện bằng đường dây dẫn đến nơi tiêu thụ. Gọi U là hiệu điện thế (hiệu dụng) ở đầu đường dây truyền tải điện từ nhà máy phát điện và R là điện trở tổng cộng của các dây dẫn trên đường dây tải điện. Cường độ dòng điện (hiệu dụng) trên đường dây tải điện là $I = \frac{P}{U}$. Do hiệu ứng Jun–Lenxơ, công suất hao phí ΔP trên đường dây do tỏa nhiệt bằng

$$\Delta P = I^2R = P^2\frac{R}{U^2}$$

Trong công thức đó, công suất P có một giá trị không đổi (vì đó là công suất do nhà máy điện sinh ra mà ta cần truyền tải đi). Do đó muốn giảm công suất hao phí ΔP phải giảm R hoặc tăng U, hoặc vừa giảm R vừa tăng U. Trong thực tế không thể giảm R nhiều được, vì theo công thức $R = \rho\frac{l}{S}$, có độ dài l của dây (là độ dài của đường dây truyền tải điện) không thể giảm được, còn tăng tiết diện S của dây thì quá tốn kém (phải tăng khối lượng dây dẫn và tăng chi phí xây dựng đường dây). Vậy biện pháp hầu như duy nhất đang được sử dụng rộng rãi là tăng hiệu điện thế U ở đầu đường dây tải điện. Điều này thực hiện dễ dàng nhờ dùng máy biến thế (máy tăng thế). Dòng điện xoay chiều có hiệu điện thế được nâng lên như vậy gọi là *dòng điện cao thế*. Quãng đường phải truyền tải điện càng dài thì hiệu điện thế càng phải cao. Đến nơi tiêu thụ hiệu điện thế đó lại được giảm xuống đến mức cần thiết nhờ máy hạ thế.

Bài 16

CÁCH TẠO RA DÒNG ĐIỆN MỘT CHIỀU

I – SỰ CẦN THIẾT (ÍCH LỢI) CỦA DÒNG ĐIỆN MỘT CHIỀU

Tất cả các nhà máy phát điện đều cung cấp cho lưới điện dòng điện xoay chiều. Tuy nhiên, trong một số trường hợp cụ thể, bắt buộc phải dùng dòng điện một chiều, như :

– Trong công nghiệp để mạ điện, đúc điện, nạp ácquy, sản xuất hóa chất bằng điện phân, tinh chế và điều chế kim loại ;

– Để cung cấp điện năng cho các thiết bị điện tử ;

– Để cung cấp điện năng cho các động cơ điện một chiều dùng trong xe điện, xe lửa điện (vì chúng có ưu điểm hơn động cơ điện xoay chiều ở chỗ có mômen khởi động lớn và thay đổi được vận tốc một cách dễ dàng)...

Nhưng dòng điện một chiều do pin và ácquy cung cấp không có công suất lớn, không đạt được những hiệu điện thế cao và đắt tiền. Phương pháp phổ biến để có dòng điện một chiều là :

– Dùng máy phát điện một chiều ;

– Chỉnh lưu dòng điện xoay chiều, biến dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều. Thiết bị chỉ cho dòng điện xoay chiều đi qua nó theo một chiều nhất định gọi là cái chỉnh lưu.

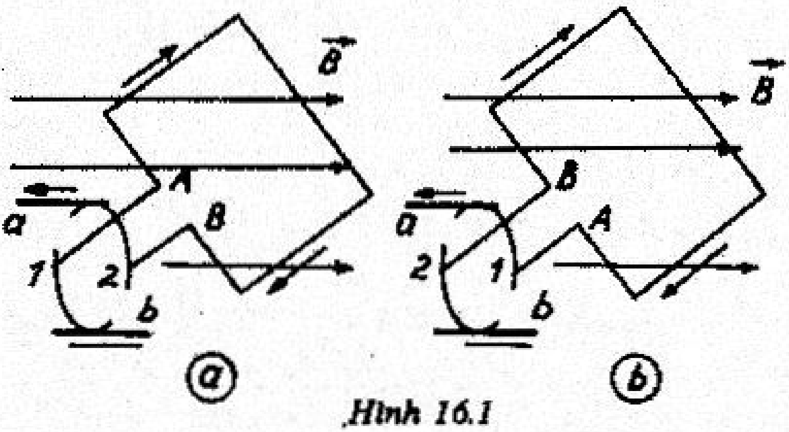
II – NGUYÊN TẮC CẤU TẠO VÀ HOẠT ĐỘNG CỦA MÁY PHÁT ĐIỆN MỘT CHIỀU

1. Cấu tạo. Gồm :

a) Một khung dây dẫn có thể quay đều xung quanh trục đối xứng của nó *trong một từ trường đều* có phương vuông góc với trục quay (giống như ở máy phát điện xoay chiều một pha) ;

b) Một *bộ góp* (để đưa dòng điện từ khung dây ra ngoài) gồm *hai vành bán khuyên* (giữa hai vành có một khe nhỏ cách điện) và *hai chổi quét* (H.16.1).

2. Hoạt động



Hình 16.1

a) Nguyên tắc hoạt động của máy dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ. Khi từ thông qua khung dây dẫn biến thiên điều hòa thì làm phát sinh trong khung dây một suất điện động cảm ứng cũng biến thiên điều hòa. Dòng điện trong khung dây dao động điều hòa và sau mỗi nửa chu kì lại đổi chiều một lần ; nhưng nhờ có bộ góp, dòng điện đi ra mạch tiêu thụ lại là dòng một chiều.

b) Khi khung dây dẫn có vị trí như trên hình 16.1a, dòng điện trong khung dây có chiều như trên hình vẽ, B là cực dương, A là cực âm : Dòng điện từ B qua vành bán khuyên 2 và đi ra ngoài qua chổi quét a và trở về bằng chổi quét b. Hết một nửa chu kì, dòng điện trong khung dây đổi chiều, A thành cực dương và B thành cực âm. Người ta bố trí các vành bán khuyên sao cho, đúng lúc ấy, vành bán khuyên 2 rời khỏi chổi quét a và vành bán khuyên 1 đến tiếp xúc với nó (H.16.1b). Bây giờ dòng điện từ A qua vành bán khuyên 1, đi ra ngoài qua chổi quét a và trở về bằng chổi quét b. Kết quả là chổi quét a luôn luôn là *cực dương* và chổi quét b luôn luôn là *cực âm* của máy phát điện và dòng điện ở mạch tiêu thụ là dòng điện một chiều.

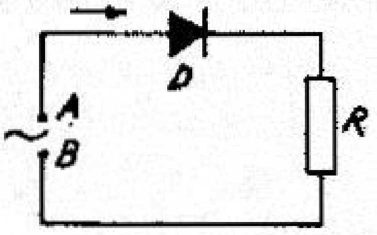
– Nếu máy phát chỉ có một khung dây như trên thì dòng điện do nó phát ra là dòng nhấp nháy (giống như dòng điện có cường độ biểu diễn trên hình 16.3b). Để có dòng điện một chiều hầu như không nhấp nháy người ta chế tạo những máy phát điện một chiều có nhiều khung dây dẫn, đặt lệch nhau và mắc nối tiếp nhau.

III– PHƯƠNG PHÁP CHỈNH LƯU BẰNG ĐIÔT

1. Chỉnh lưu nửa chu kì

a) *Sơ đồ :* Cái chỉnh lưu đơn giản nhất là một điốt bán dẫn mắc nối tiếp với tải tiêu thụ trong một mạch điện xoay chiều (H.16.2)

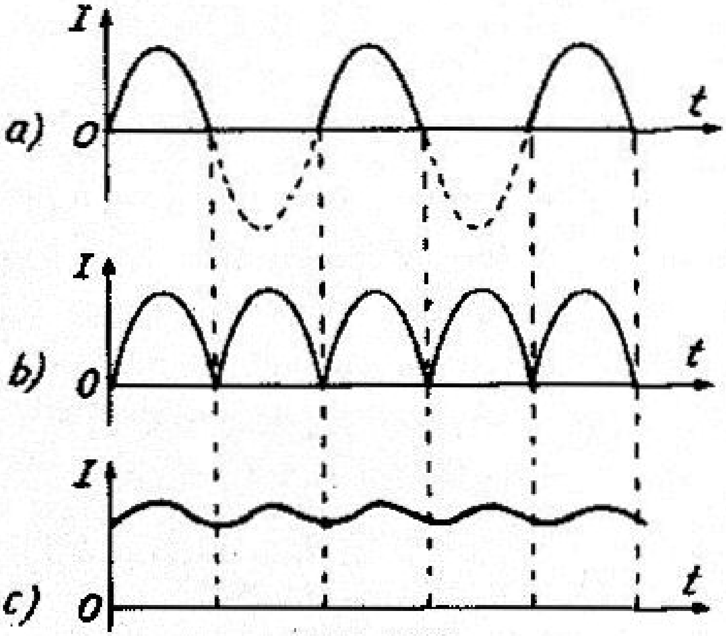
b) *Hoạt động :* Trong một nửa chu kì đầu, dòng điện có chiều như trên hình vẽ, điốt D cho dòng điện truyền qua nó và qua tải tiêu thụ R. Trong nửa chu kì tiếp theo, khi B là cực dương và A là cực âm, điốt D không cho dòng điện đi qua nó và tải R cũng không có dòng điện đi qua.



Hình 16.2

c) *Đồ thị :* Trên hình 16.3a là đường biểu diễn cường độ dòng điện đi qua tải R.

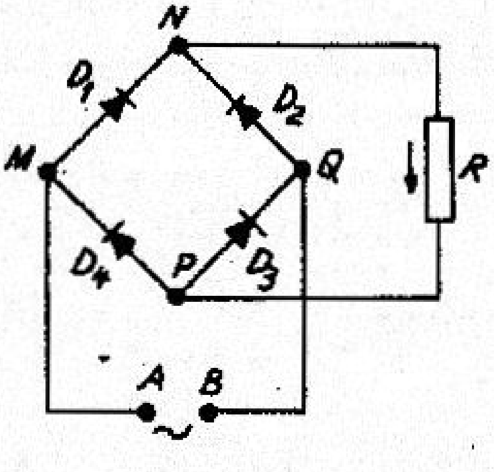
d) Dòng điện chỉnh lưu nửa chu kì là dòng nhấp nháy, và nói chung, không thuận tiện khi sử dụng, nhưng có thể dùng để nạp ăcquy.



Hình 16.3

2. Chỉnh lưu hai nửa chu kì

a) *Sơ đồ :* Dùng 4 điôt bán dẫn D_1, D_2, D_3 và D_4 mắc theo sơ đồ hình 16.4.



Hình 16.4

b) *Hoạt động :* Trong một nửa chu kì đầu, A là cực dương, dòng điện truyền theo đường từ A đến M, rồi từ M đến N (không qua đoạn mạch MP được vì bị điôt D_4 chặn lại), rồi từ N qua tải tiêu thụ R để đến P (không qua đoạn mạch NQ được vì bị điôt D_2 chặn lại), từ P đến Q (không qua đoạn mạch QN được vì điện thế ở M cao hơn ở P), và cuối cùng, từ Q về B (không qua đoạn mạch NQ được vì điện thế ở N cao hơn ở Q).

Trong một nửa chu kì tiếp sau, B là cực dương, và tương tự như trên, dòng điện truyền theo đường BQNRPMA.

Như vậy, trong cả hai nửa chu kì đều có dòng điện qua tải tiêu thụ R theo chiều của mũi tên trên hình vẽ.

c) *Đồ thị :* Trên hình 16.3b là đường biểu diễn cường độ dòng điện đi qua tải R.

d) Dòng điện chỉnh lưu hai nửa chu kì vẫn là dòng nhấp nháy nhưng ít hơn nhiều.

3. Ưu điểm của phương pháp chỉnh lưu bằng điôt

a) Dòng điện một chiều cũng có thể do máy phát điện một chiều cung cấp. Nhưng với một công suất điện như nhau thì chi phí chế tạo một máy phát điện một chiều tốn kém hơn một máy phát điện xoay chiều, và dòng điện một chiều do máy phát ra lại không truyền tải xa được như dòng điện xoay chiều.

b) Còn phương pháp chỉnh lưu là phương pháp tạo ra dòng điện một chiều một cách kinh tế nhất, thiết bị dễ chế tạo, ít tốn kém, gọn vận chuyển dễ dàng và cho phép tạo ra dòng điện một chiều có công suất lớn ở nơi tiêu thụ. Nhược điểm của phương pháp chỉnh lưu là : dòng điện tạo ra tuy là dòng điện một chiều nhưng vẫn nhấp nháy. Tuy nhiên có thể làm cho sự nhấp nháy giảm đi đáng kể nếu dùng bộ lọc (khi đó cường độ dòng điện thu được có đường biểu diễn như trên hình 16.3c).

DAO ĐỘNG ĐIỆN TỪ. SÓNG ĐIỆN TỪ

Bài 17

DAO ĐỘNG ĐIỆN TỪ

I – KHẢO SÁT SỰ BIẾN THIÊN CỦA ĐIỆN TÍCH TRÊN HAI BẢN CỦA TỤ ĐIỆN VÀ SỰ BIẾN THIÊN CỦA CƯỜNG ĐỘ DÒNG ĐIỆN TRONG MẠCH DAO ĐỘNG

1. Mạch dao động

Mạch dao động là mạch điện gồm một tụ điện có điện dung C và một cuộn dây có độ tự cảm L, điện trở không đáng kể (H.17.1a). Lúc đầu phải nối K với A để nguồn điện P nạp điện cho tụ điện C, điện tích của tụ điện đạt tới giá trị $Q_o = C\mathscr{E}$ thì tụ điện thôi không tích điện nữa. Sau đó không nối K với A nữa mà nối K với B để tụ điện phóng điện qua cuộn dây L. Kể từ lúc đó điện tích q của tụ điện và dòng điện i chạy qua cuộn dây sẽ biến thiên theo thời gian t.

2. Sự biến thiên của điện tích trên hai bản của tụ điện

a) *Lập phương trình.* Giả sử tại thời điểm t, bản D của tụ điện C có điện tích là +q (bản B của tụ điện C có điện tích –q) và dòng điện chạy qua cuộn dây L tính theo chiều từ B tới D có cường độ là i (H.17.1b). Trong khoảng thời gian Δt rất nhỏ liền sau thời điểm t, ta coi giá trị của q và i như là không đổi thì ta có :

ở tụ điện C : $u_{DB} = \dfrac{q}{C}$

ở cuộn cảm L : $i = \dfrac{u_{BD} + e}{R}$ (định luận Ôm cho một đoạn mạch) hay từ đó suy ra :

$iR = u_{BD} + e$

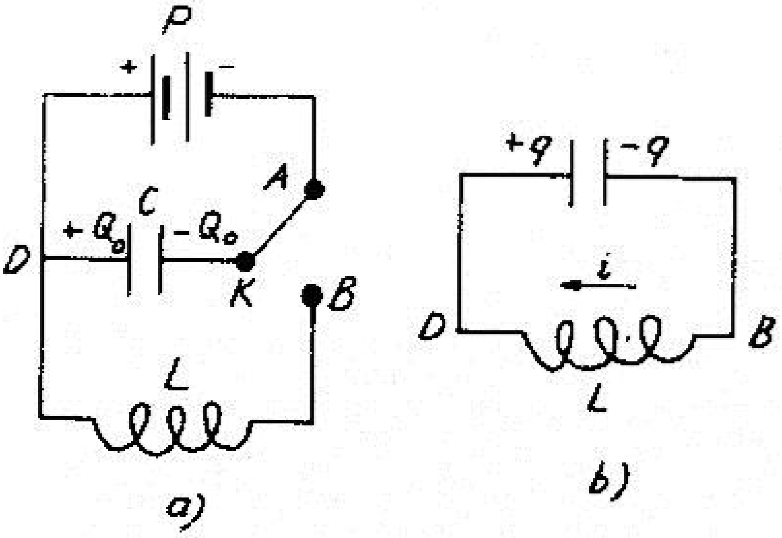
Trong đó e là suất điện động tự cảm trong cuộn dây L có biểu thức là :

$$e = -L\frac{\Delta i}{\Delta t}$$

(dấu "-" là để phù hợp với quy tắc Lenxơ)

Mặt khác ta coi R rất bé vậy Ri = 0, do đó :

$$0 = u_{BD} - L\frac{\Delta i}{\Delta t}$$



Hình 17.1

Nhưng $u_{BD} = -u_{DB} = -\frac{q}{C}$, vậy ta có : $\frac{q}{C} + L\frac{\Delta i}{\Delta t} = 0$ (1)

Ta tìm liên hệ giữa q và i. Trong khoảng thời gian rất bé từ thời điểm t đến thời điểm t + Δt, dòng điện i chạy qua cuộn cảm L từ B đến D thì điện tích của bản D của tụ điện C sẽ có giá trị biến thiên từ q đến q + Δq, vì đã có điện tích Δq = i Δt chuyển đến bản D.

Như vậy : $i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$

Khi $\Delta t \to 0$ thì $\frac{\Delta q}{\Delta t} \to q'$ (đạo hàm của q đối với t). Do đó ta có mối liên hệ : i = q' (2)

Đồng thời ta có :

$$\frac{\Delta i}{\Delta t}\underset{\Delta t \to 0}{\to} i' = q''$$ (đạo hàm bậc hai của q đối với t).

Phương trình (1) trở thành :

$$q'' + \frac{1}{LC}q = 0$$

b) *Kết luận :* Điện tích q của tụ điện biến thiên theo thời gian t và là nghiệm của phương trình :

$$q'' + \frac{1}{LC}q = 0$$

Như đã biết nghiệm của phương trình này có dạng tổng quát là $q = Q_o\sin(\omega t + \varphi)$ với $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ còn Q_o với φ là hằng số. Điều đó có nghĩa là điện tích của tụ điện trong mạch dao động biến thiên đều hòa với tần số góc $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

Ta luôn luôn có thể chọn điều kiện ban đầu thích hợp để q có dạng đơn giản : $q = Q_o\sin\omega t$.

3. Sự biến thiên của cường độ dòng điện trong mạch dao động

a) *Lập phương trình.* Theo trên ta thấy i là đạo hàm của q đối với t : $i = q'$

Và phương trình của q là : $q = Q_o\sin\omega t$

Như vậy : $i = q' = \omega Q_o\cos\omega t$

b) *Kết luận :* Cường độ dòng điện i trong mạch dao động biến thiên điều hòa với tần số góc $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ như điện tích trên tụ điện trong mạch dao động ấy. (Có thể thêm : biên độ của i bằng tích biên độ của q với tần số góc ω và i lệch pha với q là $\frac{\pi}{2}$).

II - KHẢO SÁT NĂNG LƯỢNG ĐIỆN TỪ TRONG MẠCH DAO ĐỘNG

1. Hai dạng năng lượng trong mạch dao động

– Ta đã biết trong một mạch dao động LC (điện trở không đáng kể) thì điện tích q trên tụ điện C và dòng điện i qua cuộn cảm L đều biến thiên điều hòa với cùng tần số góc $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ và biểu thức của q và i có thể viết là :

$$q = Q_o \sin\omega t$$
$$i = q' = \omega Q_o \cos\omega t$$

– Khi tụ điện C có điện tích q thì giữa hai bản của tụ điện có một điện trường và năng lượng của tụ điện hay năng lượng của điện trường trong tụ điện là

$$W_đ = \frac{1}{2} qu = \frac{q^2}{2C} \text{ (vì } u = \frac{q}{C})$$

Khi cuộn dây L có dòng điện i chạy qua thì ở cuộn dây có một từ trường và năng lượng của cuộn cảm hay năng lượng của từ trường ở cuộn cảm là $W_t = \frac{1}{2} Li^2$

– Như vậy năng lượng của mạch dao động gồm có năng lượng điện trường tập trung ở tụ điện và năng lượng từ trường tập trung ở cuộn cảm.

2. Sự biến thiên của mỗi dạng năng lượng

a) *Năng lượng điện trường tức thời ở tụ điện*

$W_đ = \frac{q^2}{2C}$ (C không đổi nhưng q biến thiên điều hòa $q = Q_o\sin\omega t$). Do đó ở thời điểm t năng lượng điện trường có giá trị tức thời là :

$$W_đ = \frac{q^2}{2C} = \frac{Q_o^2}{2C} \sin^2\omega t$$

(Có thể thêm : $W_đ = \frac{Q_o^2}{2C} \sin^2\omega t = \frac{Q_o^2}{4C} - \frac{Q_o^2}{4C} \cos 2\omega t$.

Như vậy $W_đ$ gồm một phần không đổi là $\frac{Q_o^2}{4C}$ và một phần biến thiên điều hòa với tần số 2ω)

Như vậy năng lượng ở tụ điện biến thiên tuần hoàn.

b) *Năng lượng từ trường tức thời ở cuộn cảm :*

$W_t = \frac{1}{2} Li^2$ (L không đổi nhưng i biến thiên điều hòa : $i = q' = \omega Q_o \cos\omega t$). Do đó ở thời điểm t năng lượng của cuộn cảm có giá trị tức thời :

$$W_t = \frac{1}{2} L\omega^2 Q_o^2 \cos^2\omega t$$

Nhưng $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ do đó $L\omega^2 = L\frac{1}{LC} = \frac{1}{C}$ vậy :

$$W_t = Q_o^2 \cos^2\omega t$$

(Có thể viết : $W_t = \frac{Q_o^2}{4C} + \frac{Q_o^2}{4C}\cos 2\omega t$. Như vậy W_t gồm một phần không đổi cũng là $\frac{Q_o^2}{4C}$ và một phần biến thiên điều hòa với tần số 2ω)

Như vậy năng lượng của cuộn cảm biến thiên tuần hoàn

c) *Kết luận :* Năng lượng điện trường và năng lượng từ trường trong một mạch dao động cùng biến thiên tuần hoàn theo một tần số chung. (Có thể nói thêm : giá trị trung bình của chúng bằng nhau, đều bằng $\frac{Q_o^2}{4C}$ và khi năng lượng điện trường giảm đi bao nhiêu thì năng lượng của từ trường lại tăng lên đúng bấy nhiêu)

3. Năng lượng điện từ của mạch dao động

Đó là tổng năng lượng điện trường và năng lượng từ trường :

$$W = W_đ + W_t$$

$$W = \frac{Q_o^2}{2C}\sin^2\omega t + \frac{Q_o^2}{2C}\cos^2\omega t = \frac{Q_o^2}{2C} = \text{const}$$

Vậy tại mọi thời điểm năng lượng của mạch dao động (điện trở không đáng kể) có một giá trị không đổi hay nói cách khác là được bảo toàn (Có thể nói thêm : Trong mạch dao động năng lượng của điện trường và năng lượng của từ trường chuyển hóa lẫn nhau).

III – VÌ SAO DAO ĐỘNG TRONG MẠCH DAO ĐỘNG LẠI TẮT DẦN ? ĐỂ DAO ĐỘNG ĐƯỢC DUY TRÌ THÌ VỀ NGUYÊN TẮC PHẢI LÀM GÌ ?

1. Ta biết rằng năng lượng điện từ của một mạch dao động là $W = \frac{Q_o^2}{2C}$. Nếu năng lượng của mạch dao động không đổi thì Q_o sẽ không đổi và dao động không bị tắt dần. Vậy các nguyên nhân làm cho năng lượng của mạch dao động giảm dần sẽ làm cho dao động bị tắt dần.

2. Nguyên nhân chủ yếu là mạch có một điện trở $R \neq 0$. Dòng điện chạy qua cuộn cảm có điện trở sẽ tỏa nhiệt mà sau mỗi chu kì dao động năng lượng của mạch dao động sẽ giảm đi do có một phần biến hóa thành nhiệt.

3. Ngoài ra còn có thể có nguyên nhân thứ hai là mạch dao động bức xạ sóng điện từ ra không gian xung quanh. Sóng truyền đi có mang theo năng lượng, vì vậy sau mỗi chu kì dao động, năng lượng của mạch cũng giảm đi và dao động bị tắt dần.

4. Để dao động được duy trì thì về nguyên tắc phải cung cấp thêm năng lượng cho mạch dao động phù hợp với dao động trong mạch sao cho trong mỗi chu kì dao động mạch nhận thêm được một phần năng lượng đúng bằng phần năng lượng mà mạch đã tiêu hao đi do tỏa nhiệt hoặc do bức xạ. Để làm được điều đó phải dùng một nguồn điện sinh ra điện năng, sinh ra dòng điện chạy qua mạch dao động để cung cấp năng lượng cho mạch. Nhưng lại phải làm dòng điện này biến thiên tuần hoàn với cùng tần số dao động trong mạch và phù hợp về pha. Việc đó thực hiện được nhờ có trandito.

IV – DÙNG TRANDITO ĐỂ TẠO RA DAO ĐỘNG ĐIỆN TỪ DUY TRÌ

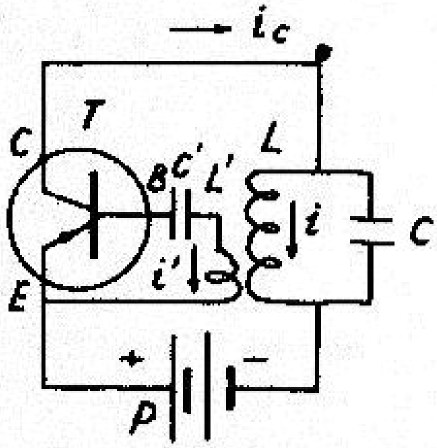
1. Sơ đồ nguyên lí

Được vẽ trên hình 17.2, trong đó mạch dao động LC với giá trị L và giá trị C được chọn để cho dao động có tần số cần thiết

$\left(f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}\right)$, nguồn điện P để sinh ra dòng điện côlectơ i_c chạy qua mạch dao động LC cung cấp năng lượng bổ sung cho mạch ấy, trandito T và cuộn dây L' ghép cảm ứng với cuộn dây L của mạch dao động với mục đích làm do dòng i_c biến thiên tuần hoàn ăn nhịp với dao động trong mạch LC.

2. Hoạt động của máy phát dao động dùng trandito

Trong mạch LC có dao động điện từ với tần số góc $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ mà ta cần đến. Khi đó có dòng điện i biến thiên chạy qua cuộn dây L và làm xuất hiện một dòng điện cảm ứng i' trong cuộn dây L' (vì L và L' hợp với nhau như một máy biến thế), i' có cùng tần số với dao động trong mạch LC, i' chạy trong mạch gồm cuộn dây L', lớp tiếp giáp êmitơ bađơ và tụ C' (tụ điện C' không cho dòng điện của nguồn P đi qua).



Hình 17.2

Theo tính chất của trandito thì dòng côlectơ i_c (do nguồn P phát ra đi qua êmitơ sang côlectơ và đi qua mạch LC) luôn luôn tỉ lệ với dòng bađơ (là dòng i') : $i_c = \beta i'$ (β là hệ số khuếch đại của trandito có trị số từ 20 tới vài trăm, tùy loại trandito). Do đó i_c có cùng tần số với i' và với dao động trong mạch LC. Để cho i_c cùng pha với dao động trong mạch LC thì khi lắp chỉ cần lựa chọn đầu dây của cuộn L' mắc vào cực êmitơ và cực bađơ một cách thích hợp.

Với việc lựa chọn các thông số của mạch một cách thích hợp (giá trị β của trandito T, số vòng của cuộn dây L' v.v...) thì trong mỗi chu kì dao động dòng điện i_c sẽ bổ sung cho mạch dao động một năng lượng đúng bằng năng lượng mà mạch đã tiêu hao mất trong chu kì ấy. Khi đó năng lượng của mạch không đổi và dao động trong mạch được duy trì.

V - SO SÁNH DAO ĐỘNG CỦA CON LẮC LÒ XO VÀ DAO ĐỘNG CỦA MẠCH LC VỀ CÁC MẶT

1. Về các đại lượng biến thiên

Cùng biến thiên điều hòa với cùng tần số.

Ở con lắc : li độ (li độ dài và li độ góc), vận tốc, gia tốc.

Ở mạch LC : điện tích trên tụ điện, cường độ dòng điện qua cuộn cảm, hiệu điện thế.

2. Phương trình dao động riêng

Có cùng một dạng.

Ở con lắc : $x'' + \omega_o^2 x = 0 \rightarrow x = A\sin(\omega_o t + \varphi)$

Ở mạch LC : $q'' + \omega_o^2 q = 0 \rightarrow q = Q_o\sin(\omega_o t + \varphi)$

3. Tần số dao động riêng

Đều chỉ phụ thuộc thông số của bản thân hệ (tức là phụ thuộc cấu tạo của hệ)

Ở con lắc : $\omega_o = \sqrt{\dfrac{k}{m}}$

Ở mạch LC : $\omega_o = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}$

4. Năng lượng dao động riêng

Đều là tổng của hai dạng năng lượng, các dạng năng lượng đều biến thiên tuần hoàn với cùng tần số, nhưng tổng có giá trị không đổi ở mọi thời điểm.

Ở con lắc : W = động năng + thế năng = $\frac{1}{2}m\omega_o^2A^2$ = const

Ở mạch LC : W = năng lượng điện trường ở tụ điện + năng lượng từ trường ở cuộn cảm = $\frac{1}{2}\frac{Q_o^2}{C} = \frac{1}{2}LI_o^2$ = const

5. Tác nhân làm tắt dần dao động

Đều làm cho năng lượng dao động bị tiêu hao.

Ở con lắc : lực ma sát làm năng lượng của con lắc chuyển hóa thành nhiệt. Ở mạch LC : điện trở R của cuộn cảm hoặc sự bức xạ sóng điện từ làm năng lượng của mạch chuyển hóa thành nhiệt hoặc thành năng lượng của sóng điện từ.

6. Tác nhân cưỡng bức

Đều phải biến thiên tuần hoàn.

Ở con lắc : Ngoại lực tuần hoàn : $f = F_o\sin(\omega t + \varphi)$

Ở mạch LC : Hiệu điện thế xoay chiều : $u = U_o\sin(\omega t + \varphi)$

7. Điều kiện cộng hưởng

Đều là tần số của tác nhân cưỡng bức bằng tần số dao động riêng

Ở con lắc : $\omega = \omega_o = \sqrt{\dfrac{k}{m}}$

Ở mạch LC : $\omega = \omega_o = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}$

8. Điều kiện cộng hưởng nhọn

Đều là tác nhân tắt dần tuy không thể bỏ qua nhưng rất nhỏ

Ở con lắc : lực ma sát f_m rất nhỏ

Ở mạch LC : điện trở R nhỏ và mạch hầu như không bức xạ.

Bài 18

ĐIỆN TỪ TRƯỜNG. SÓNG ĐIỆN TỪ

I - GIẢ THUYẾT CỦA MACXOEN VỀ ĐIỆN TRƯỜNG BIẾN THIÊN VÀ TỪ TRƯỜNG BIẾN THIÊN. ĐẶC ĐIỂM CỦA ĐIỆN TRƯỜNG XOÁY. THẾ NÀO LÀ DÒNG ĐIỆN DỊCH

1. Giả thuyết của Mắcxoen về điện trường biến thiên

Khi một điện trường biến thiên theo thời gian, nó sinh ra một từ trường xoáy mà các đường cảm ứng từ bao quanh các đường sức của điện trường.

2. Giả thuyết của Mắcxoen về từ trường biến thiên

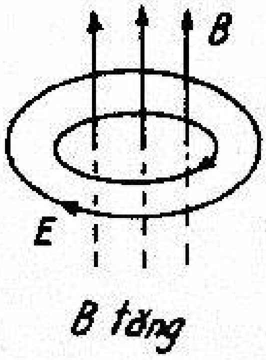
Khi một từ trường biến thiên theo thời gian, nó sinh ra một điện trường xoáy tức là một điện trường mà các đường sức bao quanh các đường cảm ứng từ.

(Có thể nói thêm : Điện trường biến thiên càng nhanh thì sinh ra trường xoáy càng mạnh và từ trường biến thiên càng nhanh thì sinh ra điện trường xoáy càng mạnh).

3. Đặc điểm của điện trường xoáy

Đặc điểm cơ bản của điện trường xoáy là các đường sức là đường cong khép kín (không có điểm đầu và điểm cuối) bao quanh các đường cảm ứng từ của từ trường biến thiên sinh ra nó. Như vậy là khác hẳn với trường tĩnh điện (đường sức của trường tĩnh điện là đường cong hở, bắt đầu đi ra từ điện tích dương và kết thúc đi vào điện tích âm).

Có thể nói thêm : a) Điện trường xoáy không phải là trường bảo toàn, nghĩa là công của điện trường xoáy làm một điện tích dịch chuyển, phụ thuộc vào đường đi từ điểm đầu đến điểm cuối. b) Đặt khung dây dẫn khép kín trong điện trường xoáy thì điện trường xoáy có thể làm điện tích chuyển động trong khung khép kín và sinh ra một công khác không. Đó là nguyên nhân sinh ra suất điện động cảm ứng trong khung. c) Chiều của điện trường xoáy phù hợp với quy tắc Lenxơ (phụ thuộc chiều của vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ và chiều biến thiên của B). Hình 18.1 mô tả trường hợp B tăng.



Hình 18.1

4. Dòng điện dịch

• Dòng điện dẫn là dòng chuyển dời có hướng của các điện tích. Dấu hiệu tồn tại của dòng điện dẫn là nó sinh ra xung quanh nó một từ trường mà các đường cảm ứng từ bao quanh dòng điện ấy.

• Trong mạch dao động LC, dòng điện chạy qua cuộn cảm L là dòng điện dẫn : Còn trong khoảng giữa hai bản cực của tụ điện C không có điện tích chuyển động nhưng lại có điện trường biến thiên. Điện trường biến thiên này lại cũng sinh ra một từ trường có đường cảm ứng từ bao quanh đường sức của điện trường. Về mặt này thì điện trường biến thiên hoàn toàn tương đương với một dòng điện dẫn. Vì vậy điện trường biến thiên trong tụ điện được gọi là dòng điện dịch giữa hai bản của tụ điện.

• Với khái niệm dòng điện dịch, ta có thể nói rằng dòng điện trong mạch dao động LC là một dòng khép kín : Ở trong dây dẫn và cuộn cảm là dòng điện dẫn, ở trong khoảng giữa hai cực của tụ điện là dòng điện dịch nối tiếp với dòng điện dẫn thành một mạch vòng khép kín.

II - THẾ NÀO LÀ ĐIỆN TỪ TRƯỜNG

• Điện từ trường là một dạng vật chất tồn tại khách quan trong thực tế, là một loại trường duy nhất bao gồm hai mặt thể hiện khác nhau không thể tách rời nhau là điện trường và từ trường.

• Ta khẳng định như trên vì các lí do sau đây :

a) Điện trường biến thiên nào cũng sinh ra từ trường biến thiên và ngược lại từ trường biến thiên nào cũng sinh ra điện trường biến thiên. Cho nên điện trường và từ trường không thể tồn tại riêng biệt độc lập với nhau.

b) Trong một số trường hợp đặc biệt người ta có thể quan sát thấy một mặt biểu hiện. Nhưng đó chỉ là tương đối chứ thật ra hai mặt biểu hiện của điện từ trường vẫn đồng thời cùng tồn tại.

Ví dụ một nam châm vĩnh cửu đặt yên trên bàn tạo ra xung quanh nó một từ trường. Nhưng một người quan sát chuyển động có mang theo mình một khung dây dẫn khép kín sẽ quan sát được dòng điện cảm ứng trong khung dây, tức là quan sát được điện trường cùng tồn tại với từ trường. Cũng như vậy một điện tích đứng yên sinh ra xung quanh nó một điện trường, nhưng một người quan sát chuyển động sẽ quan sát được từ trường cùng tồn tại với điện trường vì đối với người quan sát ấy điện tích nói trên là chuyển động và có tác dụng như một dòng điện.

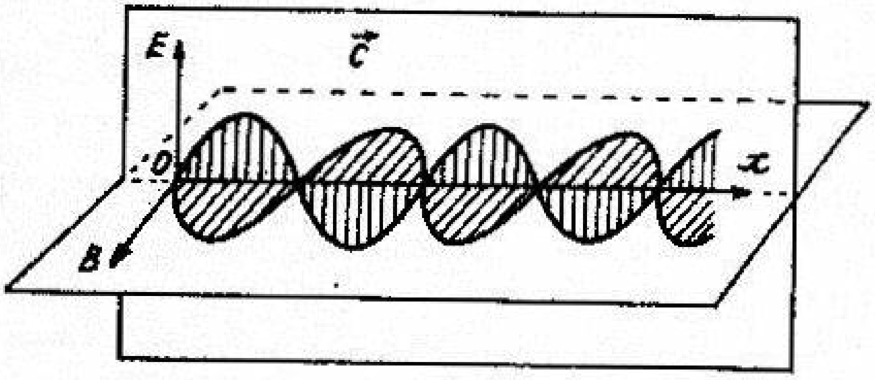
III - GIẢI THÍCH SỰ HÌNH THÀNH SÓNG ĐIỆN TỪ KHI MỘT ĐIỆN TÍCH ĐIỂM DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA. TỪ ĐÓ PHÁT BIỂU THẾ NÀO LÀ SÓNG ĐIỆN TỪ

Một điện tích điểm dao động điều hòa với tần số f thì sinh ra xung quanh nó một từ trường B biến thiên điều hòa với tần số f (vì điện tích chuyển động tương đương với một dòng điện, điện tích dao động điều hòa với tần số f tương đương một dòng điện xoay chiều với tần số f). Khi đó tại O ở sát điện tích điểm có từ trường B biến thiên điều hòa với cùng tần số f. Đến lượt mình điện trường biến thiên lại sinh ra xung quanh một từ trường biến thiên và quá trình này cứ tiếp tục mãi và điện trường biến thiên, từ trường biến thiên được lan truyền đi xa. Vậy : *Sóng điện từ là quá trình truyền di trong không gian của điện từ trường biến thiên tuần hoàn theo thời gian*

IV - TÍNH CHẤT CỦA SÓNG ĐIỆN TỪ

1. Vận tốc lan truyền của sóng điện từ trong chân không bằng vận tốc của ánh sáng là $c = 3.\ 10^8$m/s. (Ánh sáng cũng là một loại sóng điện từ).

2. Sóng điện từ là sóng ngang : vectơ $\vec{E}$, vectơ $\vec{B}$ đều vuông góc với phương truyền sóng (H. 18.2). Ba vectơ $\vec{E}$, $\vec{B}$ và $\vec{c}$ tạo thành một tam diện thuận nghĩa là cho một đinh ốc tiến theo chiều của vectơ $\vec{c}$ thì vectơ $\vec{E}$ quay 90° sẽ trùng hướng với vectơ $\vec{B}$.



Hình 18.2

3. Sóng điện từ truyền đi trong mọi môi trường chất và cả trong chân không. Khác với sóng cơ học, sóng điện từ truyền đi được không cần nhờ đến sự biến dạng của một môi trường đàn hồi nào cả, mà nhờ ở mối liên hệ mật thiết giữa điện trường biến thiên và từ trường biến thiên.

4. Khi truyền đi trong không gian, sóng điện từ có mang theo năng lượng. Năng lượng do sóng tải đi tỉ lệ với lũy thừa bậc 4 của tần số.

5. Sóng điện từ cũng tuân theo các định luật phản xạ, khúc xạ và cũng có thể giao thoa, tạo thành sóng dừng v.v....

V – VAI TRÒ CỦA TẦNG ĐIỆN LI TRONG VIỆC TRUYỀN SÓNG VÔ TUYẾN ĐIỆN TRÊN TRÁI ĐẤT

1. Tầng điện li là tầng khí quyển ở độ cao từ 50km trở lên có chứa rất nhiều hạt tích điện là êlectrôn và iôn.

2. Đối với các sóng vô tuyến điện phát đi từ mặt đất thì tùy theo tần số của sóng và tùy theo ban ngày và ban đêm cấu tạo của tầng điện li có khác nhau mà tầng điện li có thể hấp thụ sóng, làm cho sóng phản xạ hoặc cho sóng truyền đi qua nó dễ dàng.

3. Các sóng trung có tần số từ 0,3 đến 3 MHz ban ngày bị tầng điện li hấp thụ, cho nên ban ngày sóng trung chỉ truyền thẳng trên mặt đất không thể đi quá xa được do mặt đất là mặt cong. Ban đêm, tầng điện li lại phản xạ sóng trung vì vậy ban đêm có những địa điểm ở khá xa đài phát lại thu được sóng trung phản xạ từ tầng điện li đến.

4. Các sóng ngắn có tần số từ 3 đến 30 MHz luôn luôn bị tầng điện li phản xạ. Các sóng này có thể phản xạ liên tiếp trên tầng điện li và trên mặt đất nhiều lần. Vì vậy một đài phát sóng ngắn có công suất đủ lớn, có thể truyền sóng tới nhiều địa điểm trên mặt Trái Đất hình cầu nhờ sự phản xạ nhiều lần.

5. Các sóng cực ngắn có tần số từ 30 MHz trở lên không bị tầng điện li hấp thụ hoặc phản xạ mà cho truyền thẳng qua. Do đó trong thông tin vũ trụ người ta phải dùng sóng cực ngắn. Do vấn đề kỉ thuật mà vô tuyến truyền hình phải sử dụng sóng cực ngắn và vì không thể truyền đi xa trên mặt đất (do mặt đất cong), muốn truyền hình đi xa phải làm các đài tiếp sóng trung gian đặt trên mặt đất hoặc đặt trên vệ tinh nhân tạo.

Bài 19

SỰ PHÁT VÀ THU SÓNG ĐIỆN TỪ

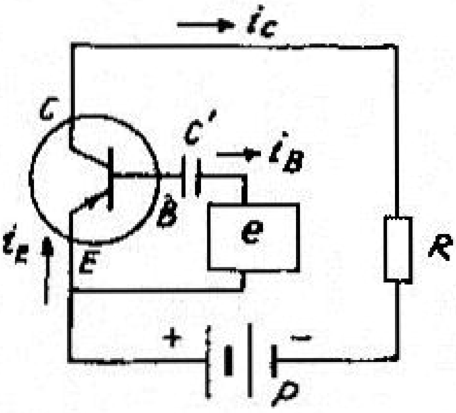
I – KHUẾCH ĐẠI DAO ĐỘNG ĐIỆN TỪ

1. Sự cần thiết

Khi nói trước micrô, micrô phát ra dòng điện dao động có tần số âm rất yếu (biên độ nhỏ). Khi thu sóng ở ăngten ta được một dòng điện dao động có tần số cao cũng rất yếu. Trong các trường hợp tương tự như vừa kể, ta cần có một dòng điện dao động y hệt (cùng tần số, cùng dạng đồ thị biến thiên v.v. ...) nhưng có biên độ đủ lớn (có khi lớn hơn tới hàng nghìn hoặc triệu lần). Máy khuếch đại dao động điện từ thực hiện yêu cầu đó nhờ tính chất đặc biệt của trandito.

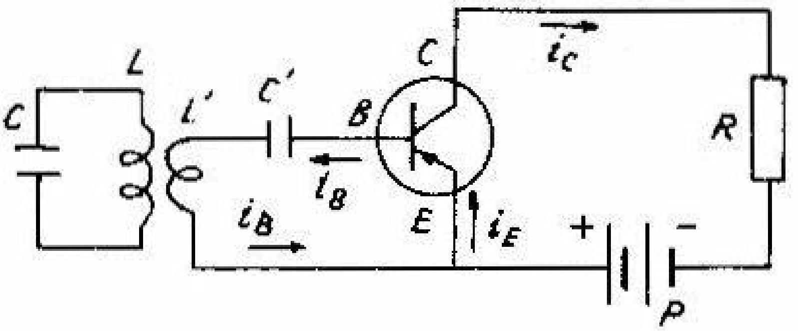
2. Tính chất của trandito

Trandito có ba cực : cực êmitơ E, cực badơ B và cực côlectơ C (H. 19.1). Dùng nguồn nuôi P mắc với hai cực E và C thành mạch kín để tạo ra dòng côlectơ i_c. Dòng i_c này có thể khá mạnh do nguồn P có suất điện động khá lớn. Nguồn tín hiệu e có suất điện động rất nhỏ mắc với hai cực E và B thành mạch kín sinh ra dòng điện badơ. i_B (mắc thêm tụ điện C' để ngăn dòng điện của nguồn P đi ra cực badơ B). Dòng i_B thường rất yếu nhưng có tác dụng điều khiển trandito. Như vậy dòng đi vào cực emitơ i_E là tổng của hai dòng : dòng i_B đi ra cực badơ và dòng i_C đi ra ở cực côlectơ. Tính chất quan trọng của trandito là tỉ số giữa dòng côlectơ i_c và dòng badơ i_B luôn luôn là một số β không đổi và khá lớn (tùy loại trandito β có thể từ 20 tới vài trăm). β là hệ số khuếch đại của trandito.



Hình 19.1

3. Sơ đồ mạch khuếch đại vẽ trên hình 19.2. Dao động trong mạch LC gây ra dòng điện cảm ứng trong cuộn L'. Dòng điện này là dòng i_B ; nó đi qua được tụ điện C' vì nó là dòng điện dao động. Dòng côlectơ i_c qua tải R và nguồn P có cường độ $i_c = \beta i_B$. Như vậy dòng qua tải R có cùng tần số cùng dạng đồ thị với dòng điện dao động trong mạch LC ban đầu nhưng đã được khuếch đại lên β lần (Có thể tiếp tục khuếch đại 2 hoặc 3 lần để đạt được yêu cầu cần thiết).

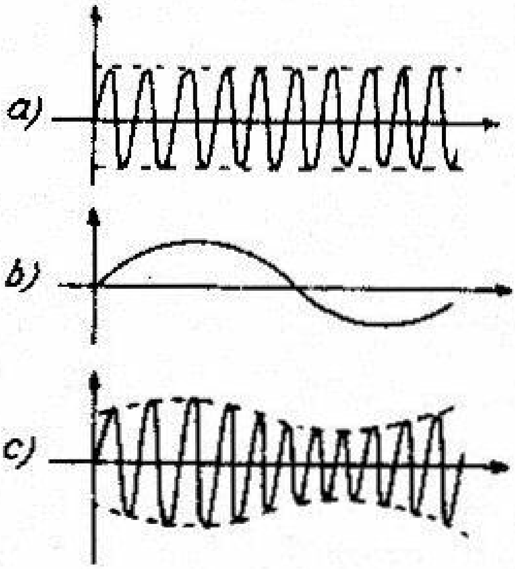


Hình 19.2

II - BIẾN ĐIỆU BIÊN ĐỘ

1. Sự cần thiết

Các sóng vô tuyến điện thường dùng có tần số f lớn từ 300 kHz trở lên. Phải sử dụng sóng có tần số lớn mới truyền đi xa được vì năng lượng của sóng tỉ lệ với lũy thừa bậc 4 của tần số. Mặt khác tín hiệu cần truyền đi là âm thanh lại có tần số f' thấp hơn 20 kHz. Do đó để truyền thanh bằng vô tuyến điện người ta phải dùng sóng vô tuyến điện có tần số cao gọi là "sóng mang" nhưng phải làm cho biên độ của sóng ấy biến thiên theo tần số âm f'. Việc đó gọi là biến điệu biên độ.



Hình 19.3

2. Nguyên tắc biến điệu biên độ

Phải dùng một máy phát dao động điều hòa để phát ra dao động điện từ có tần số cao f. Khi nguồn nuôi mắc với cực êmitơ và cực côlectơ có hiệu điện thế không đổi thì dao động cao tần phát ra có biên độ không đổi (H.19.3a). Để biến điệu, người ta phải làm cho hiệu điện thế của nguồn nuôi nói trên thực hiện dao động âm tần với tần số thấp f' (H.19.3b). Như vậy dao động do máy phát ra vẫn có tần số cao f nhưng biên độ của sóng biến thiên với tần số âm f' (H.19.3c). Đó là dao động cao tần biến điệu.

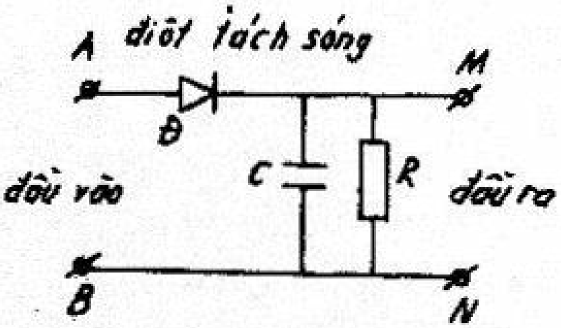
III - TÁCH SÓNG

1. Sự cần thiết

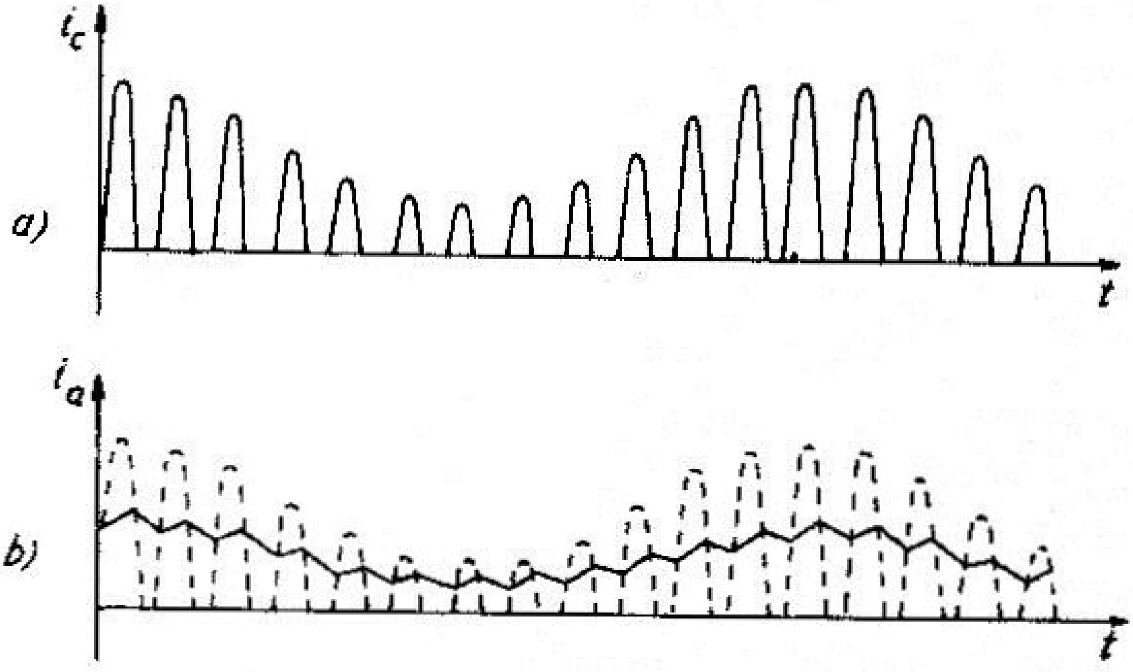
Ở máy thu thanh vô tuyến điện ta thu được dao động điện từ cao tần biến điệu. Để máy thu phát ra được âm thanh thì cần phải tách dao động âm tần ra khỏi dao động cao tần rồi cho dao động âm tần đi qua loa để phát ra âm thanh. Công việc đó gọi là tách sóng.

2. Nguyên tắc hoạt động của bộ tách sóng

Mạch tách sóng thường dùng có sơ đồ vẽ trên hình 19.4, trong đó Đ là một điôt và tải là điện trở R mắc song song với một tụ điện C. Hiệu điện thế dao động cao tần biến điệu được đặt lên đầu vào A, B. Điôt D sẽ chỉnh lưu dòng điện đó nghĩa là làm cho hiệu điện thế sau điôt có dạng như hình 19.5a. Nhưng hiệu điện thế và dòng điện qua tải R sẽ có dạng như hình 19.5b, nghĩa là gần đúng là một dao động âm tần. Nguyên nhân vì có tụ điện C mắc song song với tải R, tụ C có vai trò như một bộ lọc, nó được nạp điện khi có dòng đi từ điôt Đ ra, nó phóng điện qua R khi không có dòng từ điôt



Hình 19.4



Hình 19.5

Đ đi ra. Như vậy ta đã tách được dao động âm tần ra khỏi dao động cao tần. Sau đó có thể khuếch đại dao động âm tần rồi đưa tới loa.

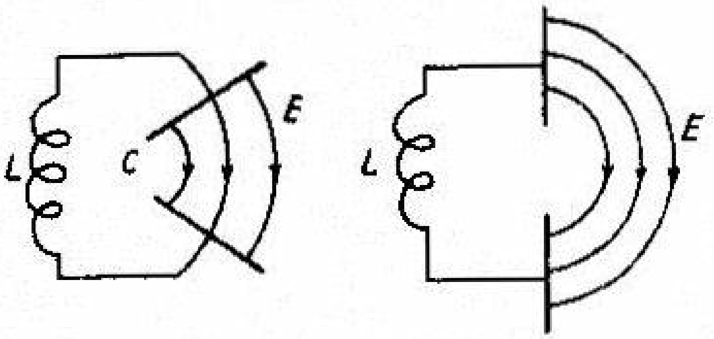
IV - NGUYÊN TẮC PHÁT SÓNG VÔ TUYẾN VÀ NGUYÊN TẮC HOẠT ĐỘNG CỦA MÁY PHÁT SÓNG VÔ TUYẾN

1. Nguyên tắc phát sóng vô tuyến

Người ta phải mắc phối hợp một máy phát dao động điều hòa với một ăngten.

a) Máy phát dao động điều hòa (Trình bày nội dung mục IV bài 17)

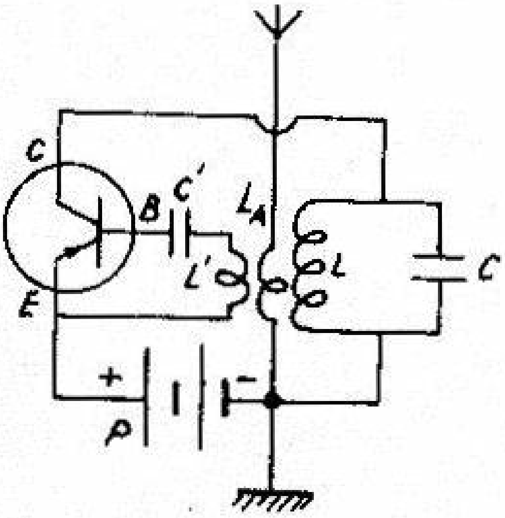
b) *Ăngten :* Trong mạch dao động LC bình thường thì điện trường chỉ tập trung trong khoảng rất hẹp giữa hai bản cực của tụ điện và từ trường chỉ tập trung ở trong lòng cuộn cảm, do đó phần điện từ trường bức xạ ra ngoài không đáng kể. Mạch dao động như vậy gọi là mạch dao động kín. Muốn bức xạ điện từ ra ngoài được thì phải để các bản cực của tụ điện lệch đi, điện trường sẽ tỏa ra rộng hơn (H.19.6) và mạch có khả năng phát sóng xa hơn. Mạch như vậy được gọi là mạch dao động hở hay còn gọi là ăngten.



Hình 19.6

Trong thực tế, ăngten có nhiều hình dạng và cấu tạo khác nhau được tính toán và nghiên cứu kĩ lưỡng để có thể bức xạ sóng điện từ ra xa tốt nhất. Trường hợp đơn giản, ăng ten có thể là một dây dẫn dài có cuộn cảm ở giữa, đầu trên để hở và đầu dưới tiếp đất.

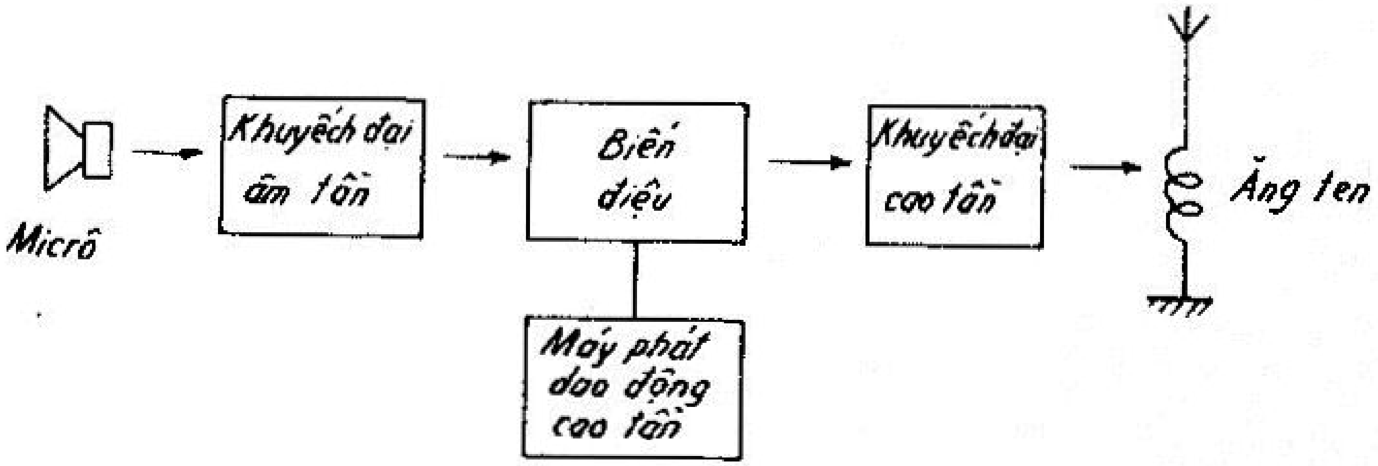
c) Phát sóng vô tuyến điện. Dùng máy phát dao động điều hòa sinh ra dao động cao tần với tần số f. Cuộn cảm L của mạch dao động ở máy phát dao động điều hòa ghép cảm ứng với cuộn cảm L_A của ăngten làm cho các êlctrôn trong ăngten dao động với cùng tần số f và ăngten bức xạ sóng điện từ có tần số f (H.19.7)



Hình 19.7

2. Nguyên tắc hoạt động của máy phát sóng vô tuyến

Sóng âm tác dụng lên màng micrô làm micrô sinh ra dòng điện dao động âm tần. Dao động âm tần được khuếch đại rồi đưa đến bộ máy phát dao động điều hòa cao tần biến điệu. Dao động cao tần biến điệu lại được khuếch đại rồi mới đưa tới ăngten để bức xạ thành sóng truyền đi trong không gian. Sơ đồ nguyên tắc như mô tả trên hình 19.8 ;

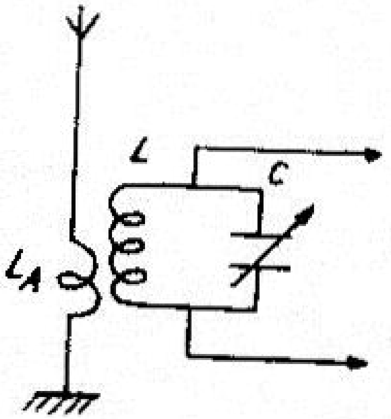

Micrô
Khuyếch đại âm tần
Biến điệu
Máy phát dao động cao tần
Khuyếch đại cao tần
Ăng ten

Hình 19.8

V – NGUYÊN TẮC THU SÓNG VÔ TUYẾN VÀ NGUYÊN TẮC HOẠT ĐỘNG CỦA MÁY THU VÔ TUYẾN

1. Nguyên tắc thu sóng vô tuyến

Phải phối hợp một ăngten thu với một mạch dao động có thể điều chỉnh tần số riêng được. Sóng điện từ từ nhiều đài phát truyền đến có các tần số khác nhau f_1, f_2, v.v... đều gây ra trong ăngten các dòng điện cảm ứng dao động với tần số f_1, f_2, v.v... ấy. Nhờ hai cuộn cảm L_A của ăngten và L của mạch dao động ghép với nhau (H.19.9) nên mạch dao động LC cũng bị cưỡng bức dao động với các tần số f_1, f_2 v.v... ấy. Khi ta

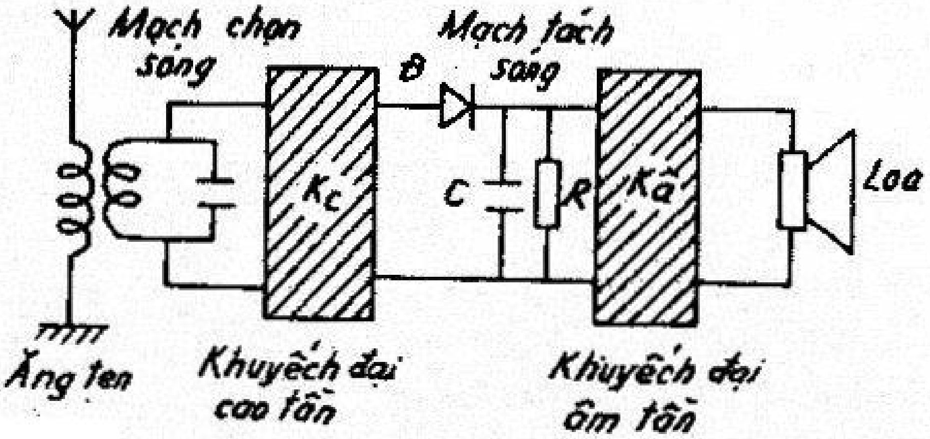


Hình 19.9

điều chỉnh điện dung C của tụ điện sao cho tấn số riêng f của mạch LC trùng với một trong các tấn số f_1, f_2, v.v.... kế trên thì sẽ xảy ra hiện tượng cộng hưởng. Lúc đó chỉ có dao động với tấn số f của đài mà ta muốn thu là mạnh nhất còn tất cá các dao động cưỡng bức với các tấn số khác đều có thế coi là không đáng kế. Bằng cách đó người ta đã thực hiện được việc chọn sóng.

2. Nguyên tắc hoạt động của máy thu vô tuyến

Ăngten và mạch dao động LC đế chọn sóng của đài cấn thu. Dao động thu được là dao động cao tấn biến điệu, trước hết phải được khuếch đại sau đó đưa tới bộ phận tách sóng. Ở bộ tách sóng ra ta có dao động âm tấn. Dao động âm tấn lại được khuếch đại rối đưa tới loa đế phát ra âm thanh. Sơ đồ nguyên lí được mô tả trên hình 19.10


Mạch chọn sóng
Đ
Mạch tách sóng
Kc
C
R
Kâ
Loa
Ăng ten
Khuyếch đại cao tần
Khuyếch đại âm tần

Hình 19.10

MỤC LỤC

Trang

Lời nói đầu

DAO ĐỘNG CƠ HỌC

Bài 1. Dao động điều hòa 5

Bài 2. Khảo sát chuyển động của con lắc lò xo 8

Bài 3. Khảo sát chuyển động của con lắc đơn 11

Bài 4. Sự lệch pha của hai dao động. Sự tổng hợp hai dao động 14

Bài 5. Dao động tự do. Dao động tắt dần. Dao động duy trì 18

Bài 6. Dao động cưỡng bức. Cộng hưởng 20

SÓNG CƠ HỌC

Bài 7. Sóng cơ học và những đặc trưng cơ bản của sóng cơ học 23

Bài 8. Sự giao thoa của các sóng cơ học 29

Bài 9. Sóng dừng 34

Bài 10. Sóng âm 40

DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

Bài 11. Dòng điện xoay chiều 45

Bài 12. Định luật Ôm cho mạch điện xoay chiều 52

Bài 13. Công suất của dòng điện xoay chiều 66

Bài 14. Dòng điện xoay chiều ba pha 70

Bài 15. Máy biến thế. Sự truyền tải điện năng 78

Bài 16. Cách tạo ra dòng điện một chiều 81

DAO ĐỘNG ĐIỆN TỪ - SÓNG ĐIỆN TỪ

Bài 17. Dao động điện từ 86

Bài 18. Điện từ trường 94

Bài 19. Sự phát và thu sóng điện từ 99

Chịu trách nhiệm xuất bản:

Giám đốc PHÙNG QUỐC BẢO
Tổng biên tập PHẠM THÀNH HƯNG

Biên tập: BAN BIÊN TẬP KHTN&CN
TRẦN VĂN QUANG

Trình bày bìa: TẠ TRỌNG TRÍ

ÔN LÍ THUYẾT THI ĐẠI HỌC MÔN VẬT LÍ. TẬP MỘT
Mã số:1L – 02010 - 03404
In 5.000 cuốn, khổ 14,5 x 20,5 tại Nhà máy in Quân đội. Số in: 4552.
Số xuất bản: 31/649/XB-QLXB, ngày 21/5/2004. Số trích ngang 259 KH/XB
In xong và nộp lưu chiểu Quý IV năm 2004.